ELECTRONICA FUNDAMENTAL 7

Problemas de electrónica (resueltos y con soluciones)

- ELECTRICIDAD
- ELECTRONICA CON VALVULAS DE VACIO
- ELECTRONICA CON TRANSISTORES Y SEMICONDUCTORES
- CIRCUITOS INTEGRADOS ANALOGICOS
- CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES
- MICROPROCESADORES (8085)

JOSE M.ª ANGULO USATEGUI
JUAN JOSE LOPEZ BENLLOCH

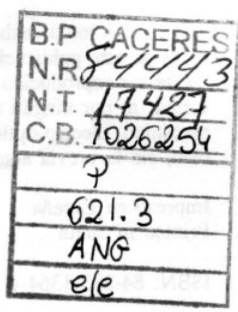


José M.ª Angulo Usategui
Juan José López Benlloch

ELECTRONICA FUNDAMENTAL 7

Problemas de electrónica (resueltos y con soluciones)

- ELECTRICIDAD
- ELECTRONICA CON VALVULAS DE VACIO
- ELECTRONICA CON TRANSISTORES Y SEMICONDUCTORES
- CIRCUITOS INTEGRADOS ANALOGICOS
- CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES
- MICROPROCESADORES (8085)



1990



CUARTA EDICION

MADRID

© EDITORIAL PARANINFO, S.A.
Magallanes, 25 - 28015 Madrid
Teléfono: 4463350 - Fax: 4456218

Impreso en España
Printed in Spain

ISBN: 84-283-1364-4

Depósito legal: M. 31.331-1990



Magallanes, 25 - 28015 MADRID (07205/43/17)

Iberica Grafic, S.A., Atienza, 1 y 3 - Fuenlabrada (Madrid)

Con agradecimiento a todos mis alumnos, que diariamente me permiten una de mis mayores satisfacciones: ENSEÑAR.

J. M.ª ANGULO

Indice de materias

Prólogo

El fin que persigue esta obra es constituir un Curso Básico de Electrónica, tanto en el aspecto teórico como en el práctico. Para conseguirlo se ha tratado de dar una explicación física de los fenómenos eléctricos y electrónicos, textual y gráficamente, para hacerlo más asequible a los que desconocen totalmente esta técnica. Por este motivo, se han eliminado los planteamientos matemáticos complejos, usando exclusivamente las operaciones numéricas más elementales.

El curso completo consta de siete tomos y el temario teórico y práctico que contiene cada uno es el siguiente:

Tomo 1. *Teoría:* Introducción a la Electrónica. Electricidad.

Práctica: Soldadura y montajes eléctricos. El aparato de medida. Componentes eléctricos y electrónicos.

Tomo 2. *Teoría:* Fuentes de alimentación. Rectificadores y filtros.

Práctica: Características de las válvulas y diodos semiconductores. Montaje de fuentes de alimentación.

Tomo 3. *Teoría:* Amplificadores.

Práctica: Sonido, altavoces y micrófonos. Características de las válvulas amplificadoras. Amplificadores de baja y alta frecuencia.

Tomo 4. *Teoría:* Generadores de señales. Osciladores. Receptor superheterodino de A.M.

Práctica: Montaje, ajuste y averías de un receptor de radio.

Tomo 5. *Teoría:* Diodos, transistores y semiconductores especiales.

Práctica: Experimentación y montajes sobre circuitos con transistores semiconductores especiales.

Tomo 6. *Teoría:* Circuitos integrados digitales y analógicos. El microprocesador. Hardware y software del microprocesador 8085.

Práctica: Montajes y experimentación con circuitos integrados analógicos y digitales. Programación del microprocesador 8085.

Tomo 7. *Problemas de electrónica resueltos y con soluciones).* Presentación y resolución de varios cientos de problemas sobre Electricidad, Electrónica con válvulas de vacío, Electrónica con transistores y semiconductores, Circuitos integrados analógicos, Circuitos integrados digitales y Microprocesadores (8085).

En el presente tomo 7, se ofrece una amplia gama de problemas, algunos resueltos detalladamente y otros con sus correspondientes soluciones, sobre todos los temas que abarca la Electrónica Moderna, comenzando por los más sencillos dedicados a la Electricidad y terminando por los que se dirigen hacia la programación del microprocesador y al desarrollo de sistemas industriales basados en este circuito integrado, que está revolucionando las técnicas de diseño, al incorporar el software.

Aunque el enfoque de los problemas es eminentemente práctico y de aplicación real, están dirigidos, en particular, a la asignatura de Tecnología Electrónica, que se imparte en todos los cursos de Formación Profesional, en la especialidad Electrónica.

En cada tema, se propone inicialmente, la documentación teórica, que conviene consultar y que se encuentra en los restantes tomos de la obra. Después, se resuelven con claridad algunos problemas y se proponen otros, en los que se indica la solución.

Primera parte

ELECTRICIDAD

TEMA 1. Electrostática

Documentación teórica

Los temas teóricos necesarios para la resolución de los problemas de "Electrostática" pueden consultarse en la 1.ª lección del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

---

(1) **(Resuelto)**

Determinar la carga eléctrica, medida en unidades de carga elemental (electrón-protón), de un átomo de cobre (29 e y 29 p), que ha perdido 7 electrones de su corteza.

Solución

Carga de un átomo = Diferencia entre su carga positiva y negativa.

$$Q = +29 - 22 = +7$$

Resultado: + 7 (protones)

(2) Indicar la carga de un átomo de cobre, que absorbe en su corteza 3 electrones.

Resultado: –3 (electrones)

(3) **(Resuelto)**

Calcular en Culombios la carga eléctrica de 1.000 átomos de cobre, teniendo en cuenta que, cada uno de ellos, ha ganado 1 electrón en su corteza.

Solución

$$1\ \text{C (Culombio)} = 6{,}23 \cdot 10^{18}\ e^-\text{; de donde:}$$

$$1\ e^- = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$$

$$Q = 1.000\ e^- = -1.000 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = -1{,}6 \cdot 10^{-16}\ \text{C}$$

Resultado: $-1{,}6 \cdot 10^{-16}$ C

(4) Hallar la carga eléctrica, en unidades elementales (electrones), de un cuerpo que tiene 0,7 culombios de electrones en exceso.

Resultado: $-4{,}3 \cdot 10^{18}$ e^-

(5) Un cuerpo, formado por 100.000 átomos de cobre, sufre una transformación que provoca la pérdida de 5 e^- en la corteza de la mitad de sus átomos. Indicar la carga en culombios, que habrá adquirido el mencionado cuerpo.

Resultado: $40 \cdot 10^{-15}$ C

(6) Mediante un procedimiento de atracción electrostática, se han extraído a un cuerpo formado por 10.000.000 de átomos de aluminio (Al : 13 e^- y 13 p), 528.000 electrones. ¿Cuál será la carga eléctrica de dicho cuerpo en culombios?

Resultado: $8{,}4 \cdot 10^{-14}$ C

(7) **(Resuelto)**

¿Qué cantidad de electrones hay que introducir en un trozo de aluminio, para que su carga eléctrica pase de 0 a -2 C?

Solución

Aplicando una sencilla regla de tres, se obtiene:

$1\ e^-$ ———————— $-1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

$X\ e^-$ ———————— -2 C

$$X = \frac{1\ e^- \cdot -2\ C}{-1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C} = 12{,}4 \cdot 10^{18}\ e^-$$

El valor de X, es la cantidad de electrones que habrá de introducir al trozo de aluminio, para que adquiera una carga de -2 C.

Resultado: $12{,}4 \cdot 10^{18}$ e^-

(8) Calcular los electrones que hay que extraer de un cuerpo con 2 C de carga eléctrica, para que pase a tener 5,5 C.

Resultado: $21{,}8 \cdot 10^{18}$ e^-

(9) Determínese la cantidad de culombios que tendrá de carga eléctrica, una lámina de cobre, constituida por 1.000.000 de átomos, a los que les faltan 6 e^- en su corteza al 75% de los mismos.

Resultado: $+0{,}72 \cdot 10^{-12}$ C

TEMA 2. Corriente eléctrica

Documentación teórica

Los temas teóricos que se precisan para resolver los problemas sobre "Corriente Eléctrica", se pueden consultar en la lección 2.ª del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

---

(1) **(Resuelto)**

Hallar la corriente eléctrica que circula por un hilo de cobre, por el que pasan 3 culombios de electrones en 2 segundos de tiempo.

Solución

Corriente eléctrica, es la cantidad de electrones, en culombios, que pasan por un conductor por unidad de tiempo (segundos).

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{3 \text{ culombios}}{2 \text{ segundos}} = 1{,}5 \text{ A (amperios)}$$

1,5 A, representa el paso de una corriente de 1,5 culombios por segundo.

Resultado: 1,5 A

(2) Si en el problema anterior, la cantidad de electrones que circula es la misma, pero el tiempo es la mitad, determinar la corriente que pasa por el hilo.

Resultado: 3 A

(3) **(Resuelto)**

¿Qué cantidad de electrones (en culombios) tendrá que circular por un conductor en un tiempo de 5 segundos, para conseguir una corriente de 1,5 A?

Solución

Despejando Q de la fórmula $I = Q/t$, se obtiene:

$$Q = I \cdot t = 1{,}5\ A \cdot 5\ s = 7{,}5\ C$$

Resultado: 7,5 C

(4) Calcular la corriente que circula en un conductor, por el que pasan 1,7 millones de electrones en 0,5 segundos.

Resultado: $0{,}5 \cdot 10^{-12}$ A

(5) Determinar, en mA, la corriente que pasa por un conductor en el que circulan 8 C cada medio segundo.

Resultado: 16.000 mA

(6) **(Resuelto)**

Si por un conductor circula una corriente de 16μA (microamperios), calcular cuántos culombios pasan en 4 segundos.

Solución

En principio se convierten los microamperios en amperios, para operar con las unidades fundamentales.

1 A ———— 1.000.000 μA

X A ———— 16 μA

De donde:

$X = 16/1.000.000 = 0{,}000016$ A

$Q = I \cdot t = 0{,}000016$ A $\cdot$ 4 s $= 0{,}000064$ C

Resultado: 0,000064 C

(7) Indicar, en mA, la corriente que circula por un conductor por el que pasan 0,067 C en un tiempo de 0,013 segundos.

Resultado: 5.153 mA

(8) Transformar en Amperios, las siguientes corrientes:

a) 16,3 mA
b) 56,9 μA
c) 0,83 μA
d) 5.784 mA

TEMA **3.** Diferencia de potencial o tensión

Documentación teórica

La información teórica necesaria para resolver los problemas sobre "Diferencia de Potencial", puede encontrarse en la lección 4.ª del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

(1) **(Resuelto)**

Determinar la diferencia de potencial (tensión) que existe entre los dos puntos mostrados en la figura 1.

Solución

La tensión existente entre dos puntos es la diferencia de potencial que hay de un punto respecto al otro.

$V = 66 - 13 = 53$ V

Resultado: 53 V

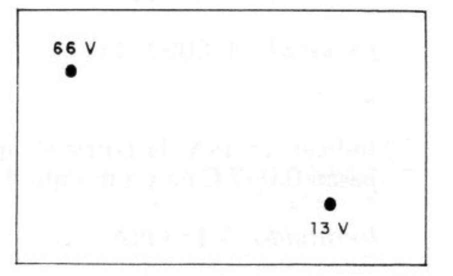


Fig. 1

(2) Si el potencial del punto A es de 16 V y la tensión entre A y B es de 25 V, ¿cuál es el potencial del punto B?

Resultado: –9 V

(3) **(Resuelto)**

A la vista de los tres puntos de la figura 2, calcular los potenciales entre AB, BC y AC.

Solución

$V_{AB} = V_A - V_B = 20 - 10 = 10$ V

$V_{BC} = V_B - V_C = 10 - 33 = -23$ V

$V_{AC} = V_A - V_C = 20 - 33 = -13$ V

Resultado: 10 V, –23 V y –13 V

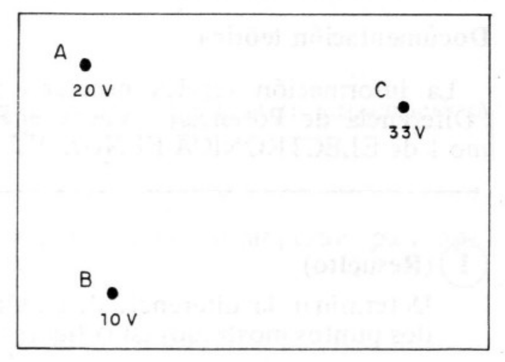


Fig. 2

(4) Una pila tiene un electrodo a un potencial de 255 mV y el otro a 1,75 V. Determinar en voltios la tensión de la pila.

Resultado: 1,495 V

(5) Transformar en Voltios las siguientes tensiones:

a) 2.473 mV
b) 34,5 μV
c) 2,32 mV
d) 24,7 KV
e) 1.789 μV
f) 23,78 mV

(6) Una pila de 9 V de tensión tiene un electrodo a un potencial de –6,3 V. Calcular el potencial del otro electrodo.

Resultado: 2,7 V

(7) Considerando los potenciales que se indican en la figura 3 para los puntos A, B y C, hallar las tensiones AB, BC y AC.

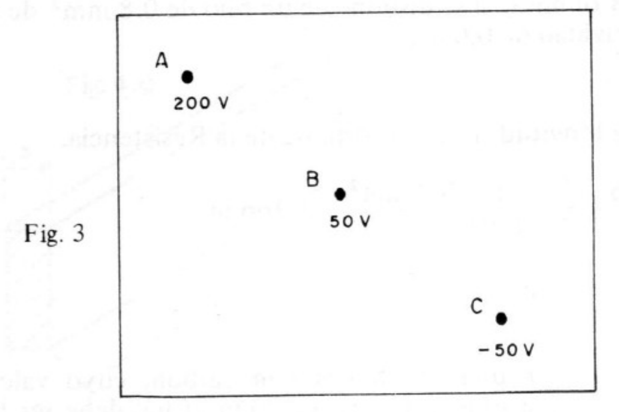


Fig. 3

Resultado: 150 V, 100 V y 250 V

TEMA 4. Resistencias

Documentación teórica

Se puede consultar la información teórica necesaria para la resolución de los problemas de "resistencias" en la lección 3.ª del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL. También se recomienda recurrir a la lección 3.ª de la parte Práctica de dicho libro.

(1) **(Resuelto)**

¿Qué resistencia tendrá un hilo de Nicron de 36 m de longitud, 0,4 mm² de sección y una resistividad de 1,1?

Solución

Se aplica directamente la fórmula que proporciona R.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 1{,}1 \cdot \frac{36\ \text{m}}{0{,}4\ \text{mm}^2} = 99\ \text{ohmios}$$

Resultado: 99 ohmios

(2) **(Resuelto)**

¿Cuántos metros de hilo de cobre se precisan para construir una resistencia de 33 ohmios, si se dispone de un hilo de 0,8 mm² de sección y de una resistividad de 0,018?

Solución

Se despeja la longitud, L, en la fórmula de la Resistencia.

$$L = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{33\ \text{ohm} \cdot 0{,}8\ \text{mm}^2}{0{,}018} = 1.466\ \text{m}$$

Resultado: 1.466 m

(3) Se desea construir una resistencia con carbón, cuyo valor sea de 230 kohmios y que su longitud tenga 2 cm ¿Cuál debe ser la sección de la barra de carbón?

Nota: la resistividad del carbón es 40.

Resultado: 0,0000034 mm^2

(4) Hallar la longitud del hilo que hay que utilizar para constuir una resistencia de 5 ohmios, si el disponible es de una sección de 0,9 mm^2 y una resistividad de 0,015.

Resultado: 300 m

(5) **(Resuelta la parte A)**

Determinar la resistencia de las barras conductoras, mostradas en la figura 4, utilizadas para el transporte de altas potencias. La resistividad del cobre, empleado en su construcción, es de 0,018.

Solución de la barra A)

Se debe comenzar calculando la sección de la barra.

$$S = \text{Base} \cdot \text{Altura} = 15 \cdot 5 = 75 \text{ mm}^2$$

A continuación se aplica la fórmula general de R.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = \frac{0{,}018 \cdot 3{,}5 \text{ m}}{75 \text{ mm}^2} = 0{,}00084 \text{ ohmios}$$

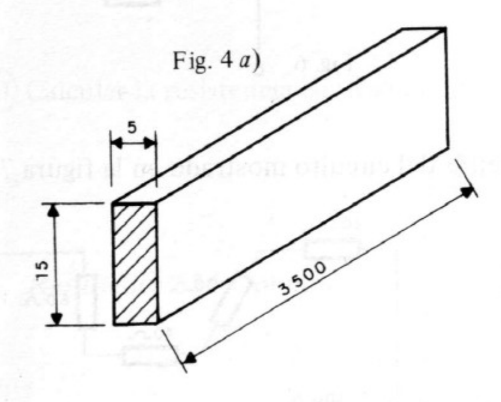


Fig. 4 *a*)

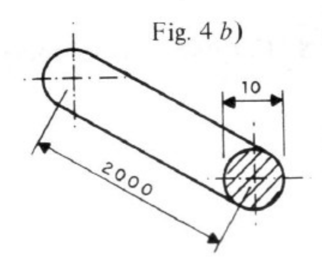
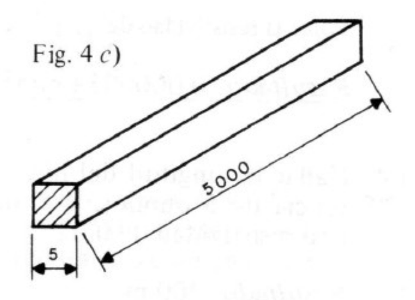


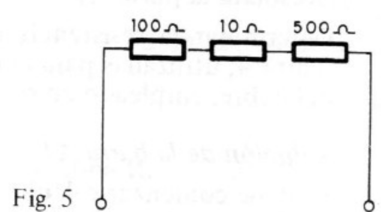
Fig. 4 *b*)

Resultado: A) 0,00084 ohmios B) 0,00046 ohmios



C) 0,0036 ohmios

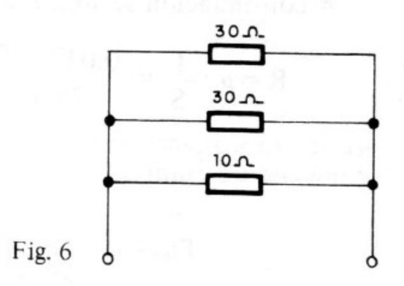
(6) Determinar la resistencia equivalente del circuito representado en la figura 5.



Resultado: 610 ohmios

Fig. 5

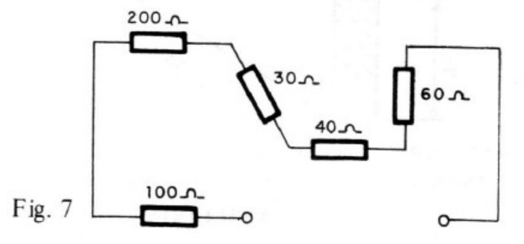
(7) Igual que el problema anterior para el circuito de la figura 6.



Resultado: 6 ohmios

Fig. 6

(8) Calcular la resistencia equivalente del circuito mostrado en la figura 7.



Resultado: 430 ohmios

Fig. 7

$\frac{1}{R} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{750} = \frac{750 + 1000}{750000} \qquad R = \frac{750000}{1750}$

(9) **(Resuelto)**

Averiguar la resistencia equivalente del circuito que se representa en la figura 8.

Solución

Para resolver un circuito mixto, hay que hacerlo por partes, de forma, que al final quede un circuito simple en serie o en paralelo. En este problema, hay que reducir el circuito a una serie de dos resistencias. La resistencia equivalente de las dos que están colocadas en paralelo tiene de valor:

$$R_{E1} = \frac{1.000 \cdot 750}{1.000 + 750} = 429 \text{ ohmios}$$

De esta forma el circuito de la figura 8 queda reducido a dos resistencias en serie de 429 y 2.000 ohmios.

$$R_T = 429 + 2.000 = 2.429 \text{ ohmios}$$

Resultado: 2.429 ohmios

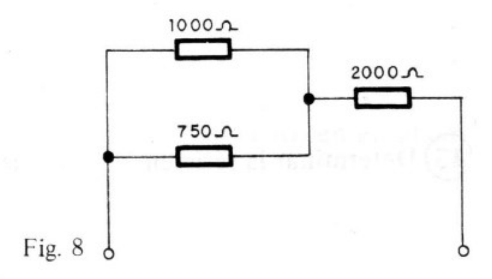
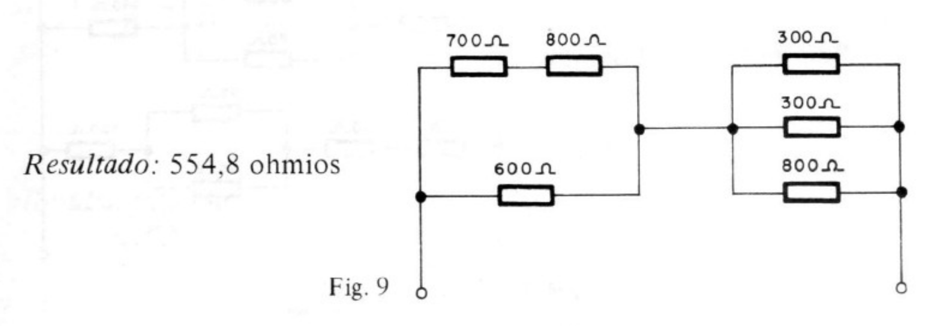


Fig. 8

(10) Calcular la resistencia equivalente del circuito de la figura 9.



Resultado: 554,8 ohmios

Fig. 9

(11) Calcular la resistencia equivalente del circuito de la figura 10.

Resultado: 53,7 ohmios

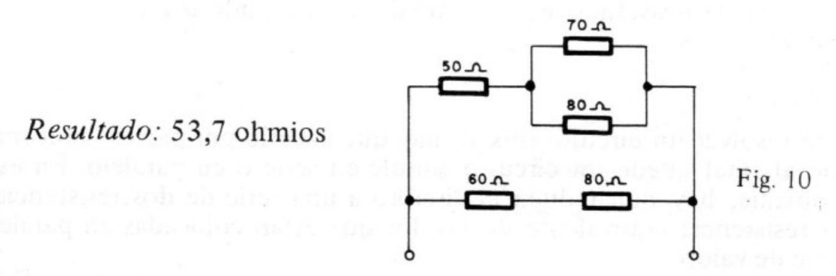


Fig. 10

(12) Determinar la resistencia equivalente del circuito mostrado en la figura 11.

Resultado: 1,54 ohmios

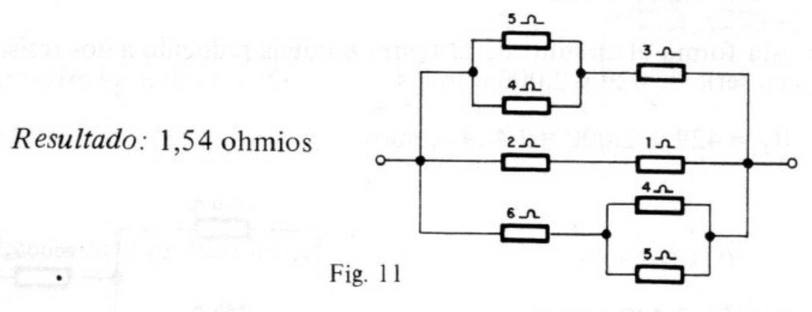


Fig. 11

(13) Determinar la resistencia equivalente del circuito de la figura 12.

Resultado: 59,27 ohmios

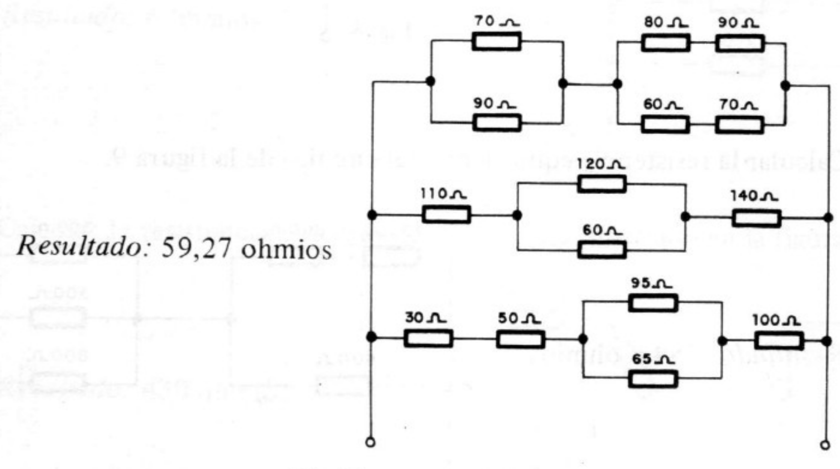


Fig. 12

TEMA **5.** Ley de Ohm

Documentación teórica

La información teórica, necesaria para la resolución de los problemas de "Ley de Ohm", se encuentra en las lecciones 4.ª y 5.ª del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL. También se recomienda consultar la lección 4.ª de la parte de Prácticas de dicho libro.

---

(1) **(Resuelto)**

¿Qué valor indicará el aparato de medida, que aparece en el circuito de la figura 13?

Solución

Se calcula la resistencia equivalente de las dos que aparecen en el circuito de la figura 13.

$R_T = 15 + 30 = 45$ ohmios

De esta forma, el circuito queda reducido a una resistencia conectada a una fuente de tensión y se puede aplicar directamente la ley de Ohm.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1{,}5\ \text{V}}{45\ \text{ohm}} = 0{,}033\ \text{A} = 33\ \text{mA}$$

Resultado: 33 mA

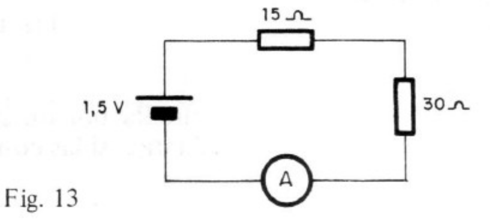


Fig. 13

(2) Igual que el problema anterior, pero con el circuito correspondiente a la figura 14.

Resultado: 0,5 A

Fig. 14

(3) Indicar el valor que señalarán los 3 aparatos de medida conectados en el circuito de la figura 15.

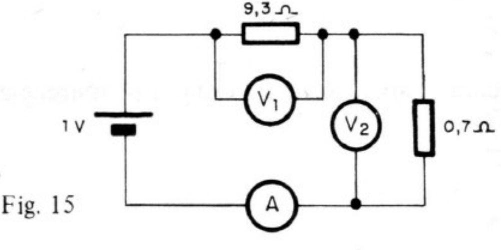


Fig. 15

Resultado: A = 0,1 A, V1 = 0,93 V y V2 = 0,07 V

(4) ¿Qué voltaje marcará el aparato de medida que se indica en el circuito de la figura 16?

Resultado: 56,5 V

Fig. 16

(5) ¿Qué corriente circula por un circuito con dos lámparas en paralelo, de 70 ohmios cada una, si las conectamos a una pila de 70 V?

Resultado: 2 A

(6) (Resuelto)

Indicar la lectura correspondiente al aparato de medida que se encuentra conectado en el circuito de la figura 17.

Solución

En principio se calcula la resistencia equivalente de las dos que hay en paralelo.

$$R_E = \frac{3\ K \cdot 6\ K}{3\ K + 6\ K} = 2\ K$$

La resistencia total del circuito será:

$$R_T = 4\ K + 2\ K = 6\ K$$

Aplicando la ley de Ohm se obtiene la intensidad que circula por el circuito desde el generador.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{600\ V}{6.000\ ohm} = 0{,}1\ A$$

La tensión que marcará el voltímetro, correspondiente a la que absorben las dos resistencias en paralelo será:

$$V = R \cdot I = 2.000\ ohm \cdot 0{,}1\ A = 200\ V$$

Resultado: 200 V

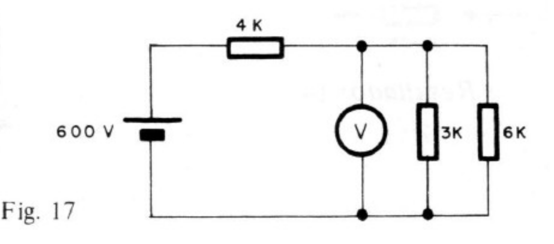


Fig. 17

(7) Calcular la resistencia de una plancha eléctrica si al conectarla a la red de 220 V circulan 2 A por ella.

Resultado: 110 ohmios

(8) ¿Qué magnitud indicará el aparato que se halla conectado en el circuito de la figura 18?

Resultado: 80 V

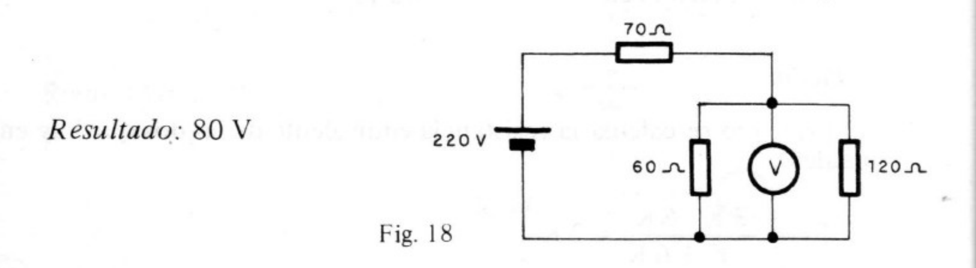


Fig. 18

(9) ¿Qué tensión marcará el voltímetro de la figura 19?

Resultado: 200 V

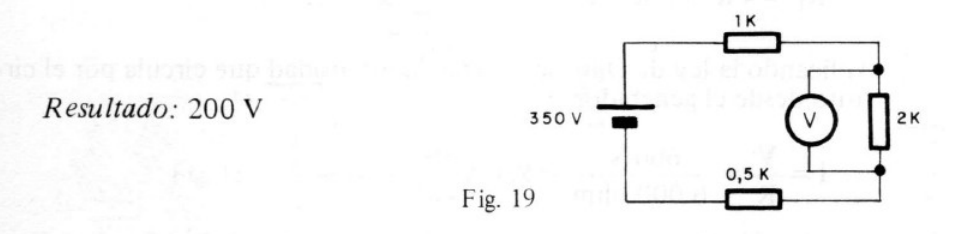


Fig. 19

(10) ¿Qué tensión marcará el voltímetro de la figura 20?

Resultado: 14 V

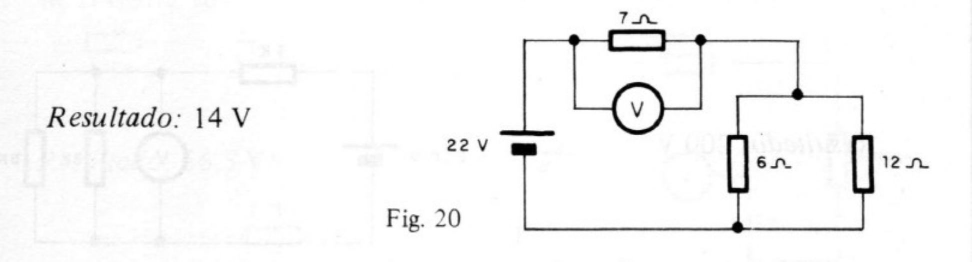


Fig. 20

(11) ¿Qué tensión hay que aplicar a una bombilla, para que circule por ella 1,3 A, si su resistencia es de 13 ohmios?

Resultado: 16,9 V

(12) Determinar la corriente que marcará el amperímetro de la figura 21.

Resultado: 1,8 A

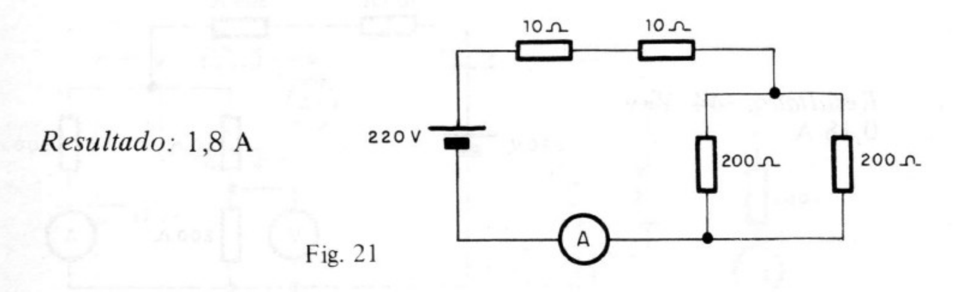


Fig. 21

(13) ¿Qué tensión hay que aplicar a una bombilla de 70 ohmios para que circulen 5 A de corriente por ella?

Resultado: 350 V

(14) Determinar la tensión que indicará el voltímetro de la figura 22.

Resultado: 4 V

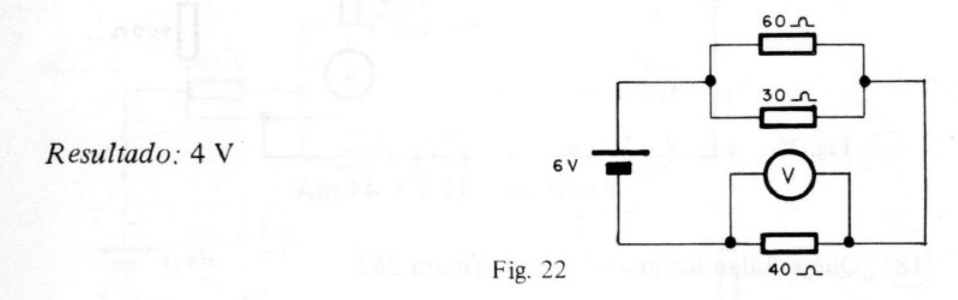


Fig. 22

(15) ¿Qué tensión indicará el voltímetro de la figura 23?

Resultado: 1,4 V

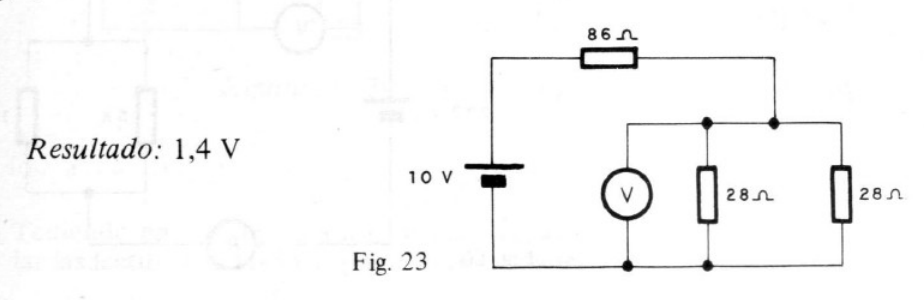


Fig. 23

(16) Determinar la lectura de los aparatos conectados en el circuito de la figura 24.

Resultado: 44 V y 0,18 A

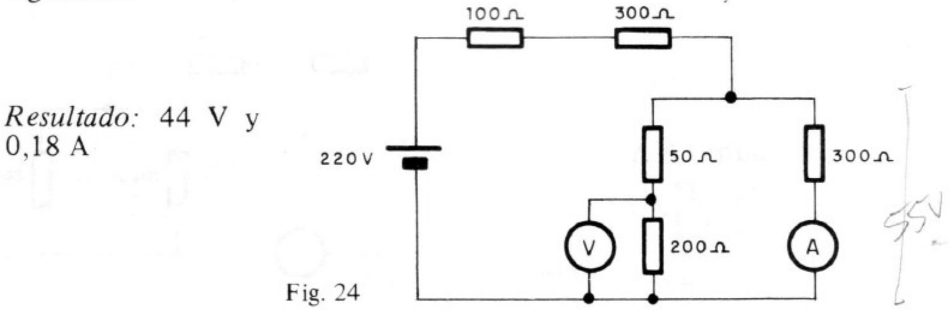


Fig. 24

(17) Calcular las magnitudes que señalarán los aparatos de la figura 25.

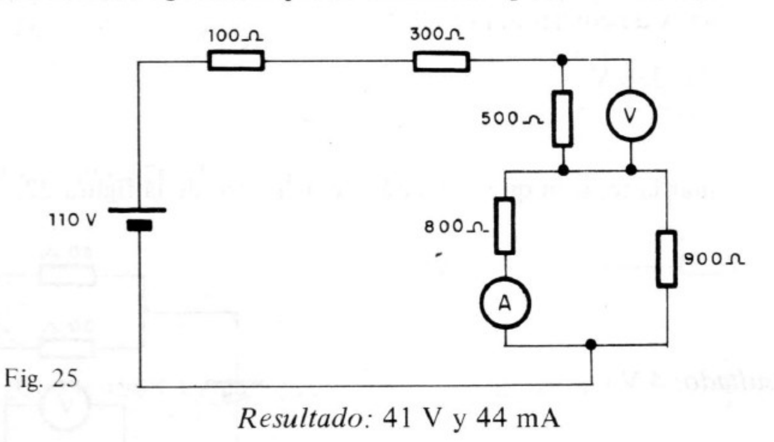


Fig. 25

Resultado: 41 V y 44 mA

(18) ¿Qué señalan los aparatos de la figura 26?

Resultado: 79 V y 26 mA

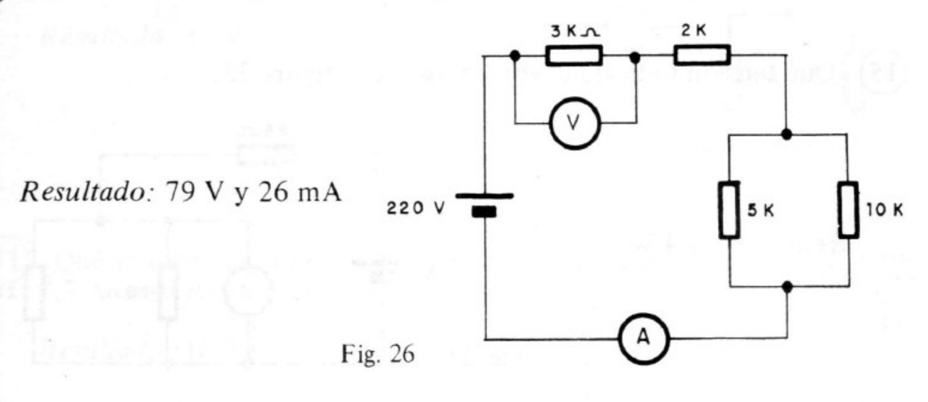


Fig. 26

(19) ¿Qué indican los aparatos de la figura 27?

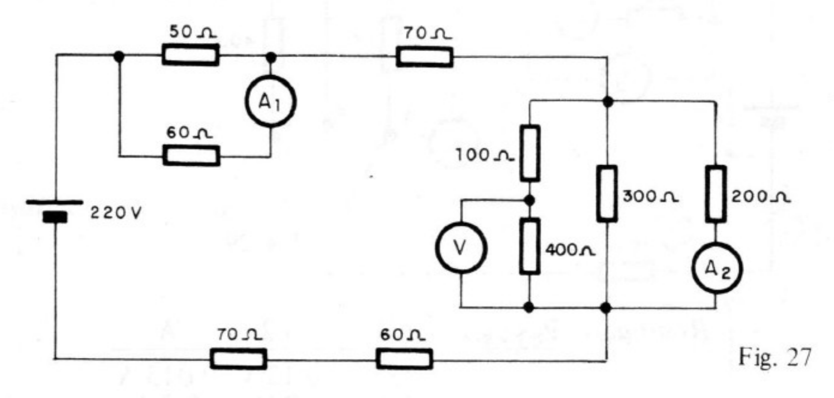


Fig. 27

Resultado: 52 V, 0,33 A y 0,31 A

(20) Determinar las lecturas de los aparatos de la figura 28.

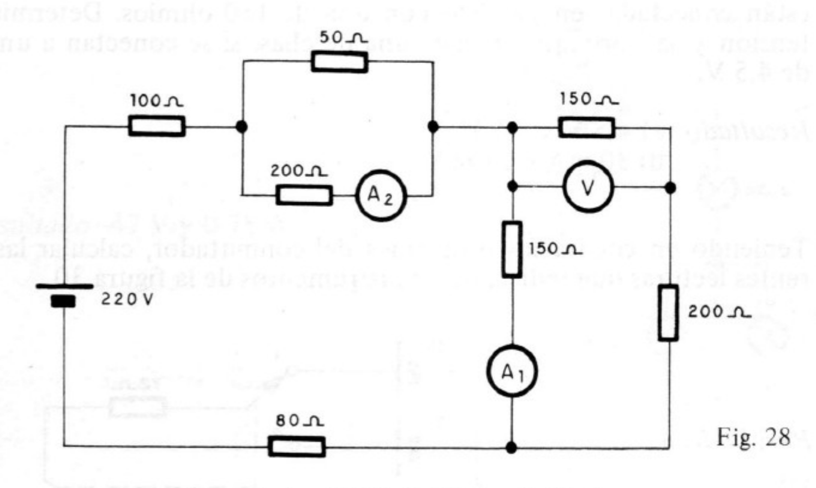


Fig. 28

Resultado: 30 V, 0,47 A y 0,13 A

(21) Teniendo en cuenta cada una de las posiciones del conmutador, calcular las lecturas de los instrumentos de la figura 29.

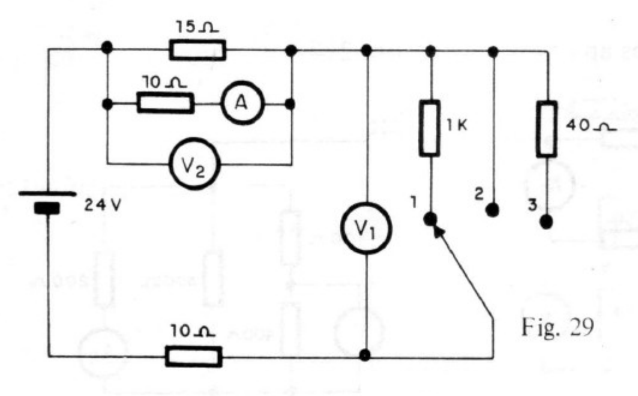


Fig. 29

Resultado: Posición	V1	V2	A
1	23 V	0,13 V	0,013 A
2	0 V	9 V	0,9 A
3	17,2 V	2,52 V	0,26 A

(22) Se conectan tres lámparas en serie de 70 ohmios cada una, que a su vez están conectadas en paralelo con una de 150 ohmios. Determinar la tensión y la corriente en cada una de ellas, si se conectan a una pila de 4,5 V.

Resultado: a) 4,5 V y 1,5 V
b) 30 mA y 21 mA

(23) Teniendo en cuenta las posiciones del conmutador, calcular las diferentes lecturas que indicarán los instrumentos de la figura 30.

Resultado:

Posición	A
1	0,05 A
2	0,1 A

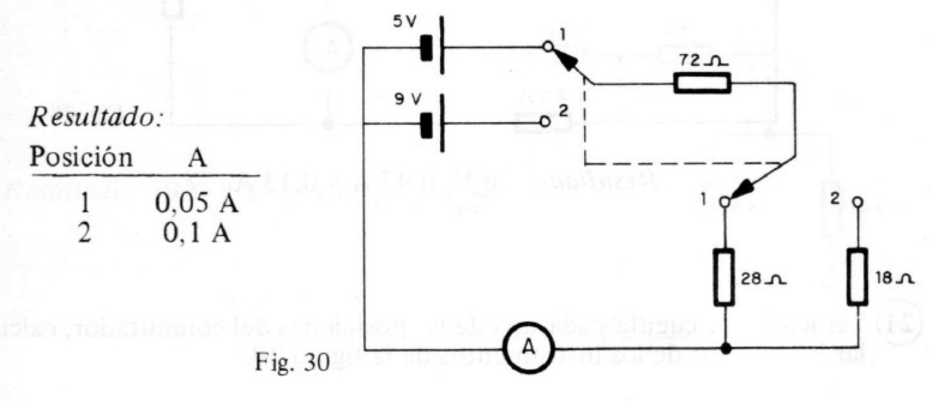


Fig. 30

(24) En el circuito de la figura 31, calcular la corriente y la tensión de la lámpara Lx.

Resultado: 58 V y 0,72 A

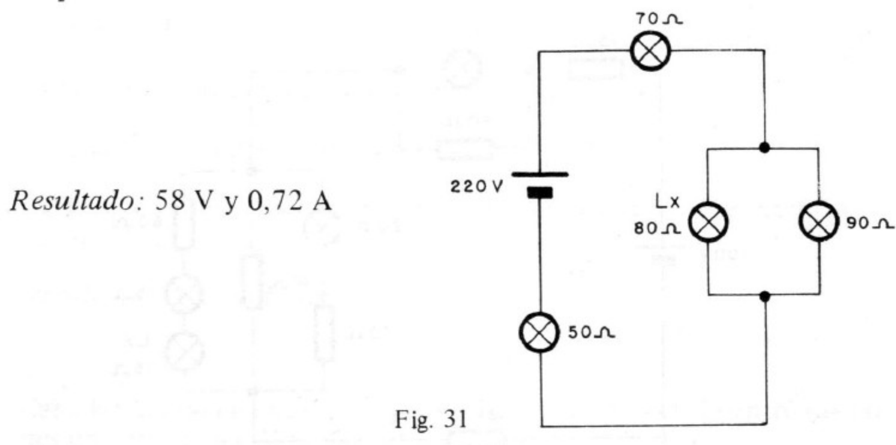


Fig. 31

(25) Igual que el anterior, en el circuito de la figura 32.

Resultado: 47 V y 0,78 A

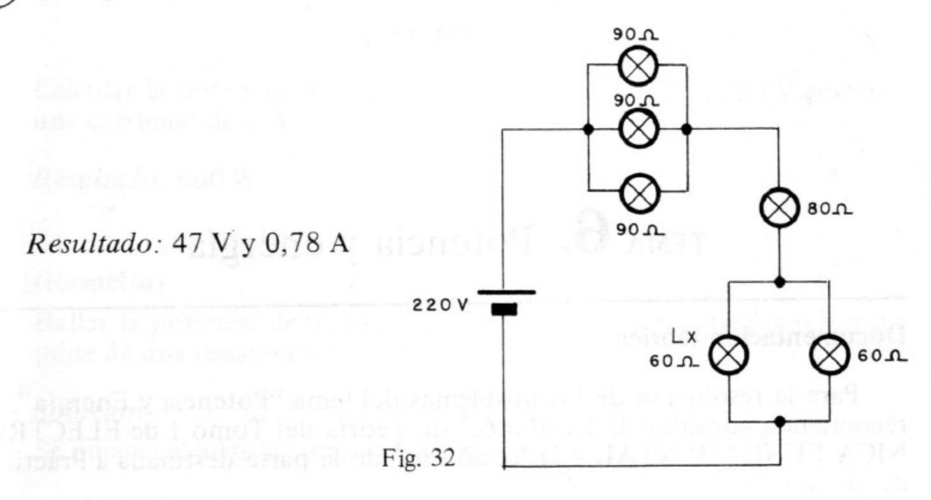
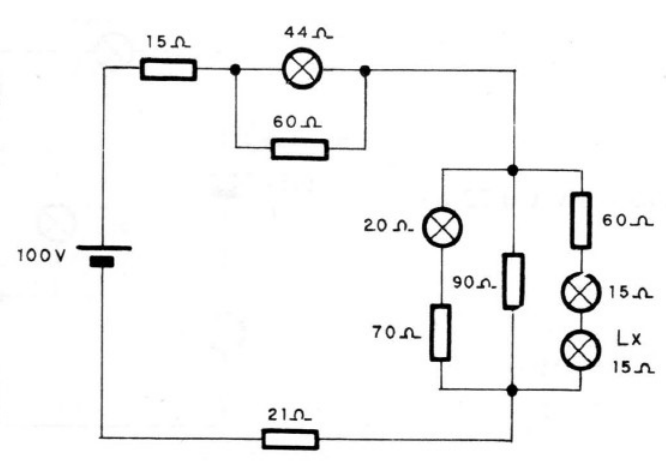


Fig. 32

(26) En una instalación se disponen de 4 lámparas de 80 ohmios, 6 de 15 ohmios, 2 de 40 ohmios, una plancha de 10 ohmios y un motor de 50 ohmios. Si la tensión de la red es de 220 V, hallar la corriente que consume dicha instalación.

Resultado: 142 A

(27) En el circuito de la figura 33, determinar la corriente y la tensión de la lámpara Lx.



Resultado: 0,37 A y 55 V

Fig. 33

TEMA 6. Potencia y energía

Documentación teórica

Para la resolución de los problemas del tema "Potencia y Energía", se recomienda consultar la lección 6.ª de Teoría del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL y la lección 6.ª de la parte destinada a Prácticas de dicho libro.

---

(1) **(Resuelto)**

¿Cuál de las dos bombillas de las que se señalan sus características, será la de mayor potencia? La bombilla A consume 0,1 A con 3,5 V y la B 0,05 A con 6,3 V.

Solución

Aplicando la fórmula general de la potencia a la bombilla A

$$P = V \cdot I = 3{,}5\ V \cdot 0{,}1\ A = 0{,}35\ W$$

Aplicando la misma fórmula a la bombilla B,

$$P = V \cdot I = 6{,}3\ V \cdot 0{,}05\ A = 0{,}315\ W$$

De lo que se desprende que la bombilla A consume una potencia mayor que la B.

Resultado: A mayor que B

(2) Calcular la máxima potencia que podrá tener contectada entre sus bornes una pila de 4,6 V y una corriente máxima de 0,2 A.

Resultado: 0,9 W

(3) Calcular la potencia de una plancha, que conectada a 220 V consume una corriente de 3 A.

Resultado: 660 W

(4) **(Resuelto)**

Hallar la potencia de un radiorreceptor, que se alimenta con 6 V y dispone de una resistencia interna de 600 ohmios.

Solución

Se puede calcular la corriente que circula por el aparato,

$$I = V/R = 6\ V/600\ \text{ohmios} = 0{,}01\ A$$

Aplicando ahora la fórmula general de la potencia,

$$P = V \cdot I = 6\ V \cdot 0{,}01\ A = 0{,}06\ W = 60\ mW\ \text{(milivatios)}$$

Resultado: 60 mW

(5) **(Resuelto)**

Determinar la intensidad que circula por una lámpara fluorescente de 40 W, instalada en una red de 125 V.

Solución

De la fórmula general P = V · I, se despeja I

$$I = P/V = 40\ W/125\ V = 0{,}32\ A$$

Resultado: 0,32 A

(6) Un conjunto de 25 lámparas están conectadas en paralelo a una red de 220 V y consume 15 A. Calcular la potencia de cada una de ellas.

Resultado: 132 W

(7) Hallar la resistencia interna de un aparato de radio que consume 200 mA a una potencia de 100 W.

Resultado: 2,5 kohmios

(8) Un horno de 150 kW se conecta a una tensión de 110 V, ¿qué corriente consume?

Resultado: 1.364 A

(9) Se dispone de un motor, que suministra una potencia de 10 CV (1 CV $\simeq$ 740 W). Calcular la corriente que absorbe si se conecta a una red de 11 kV.

Resultado: 0,68 A

(10) Calcular la potencia que consume cada una de un conjunto de dos bombillas de 15 ohmios, colocadas en serie a una tensión de 30 V.

Resultado: 15 W

(11) En la placa de características de un calentador eléctrico, se lee: P = = 1.000 W y V = 220 V. Hallar la corriente que circula por el calentador y el valor de su resistencia.

Resultado: 4,5 A y 48 ohmios

(12) ¿Qué resistencia tendrá una estufa eléctrica si su placa de características indica: P = 1.500 W y V = 220 V?

Resultado: 32 ohmios

(13) Las resistencias soportan una potencia máxima. Determinar la potencia que debe tener la resistencia Rx del circuito de la figura 34, para no quedar dañada.

Resultado: 85 W

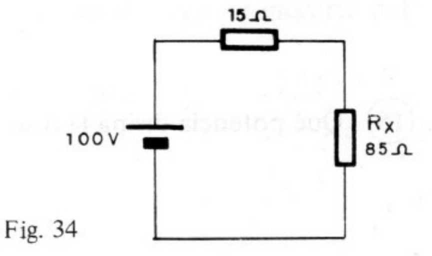


Fig. 34

(14) Igual que en el problema anterior, pero en el circuito de la figura 35.

Resultado: 0,15 W

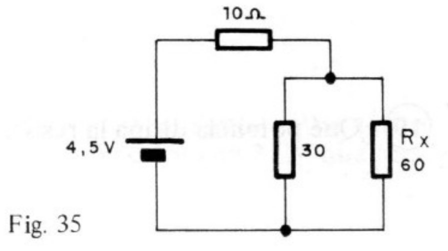


Fig. 35

(15) Un torno dispone de un motor de 2,5 CV. Existen dos tipos de cables para conectar su alimentación: el tipo A soporta más de 7 A y el B menos de 7 A. ¿Qué tipo de cable se debe emplear?

Resultado: A

(16) Un soldador posee una resistencia de 1.613 ohmios y funciona con una tensión de 220 V. Determinar la potencia del mismo.

Resultado: 30 W

(17) En el circuito de la figura 36, calcular la potencia que se disipa en la resistencia Rx.

Resultado: 0,9 W

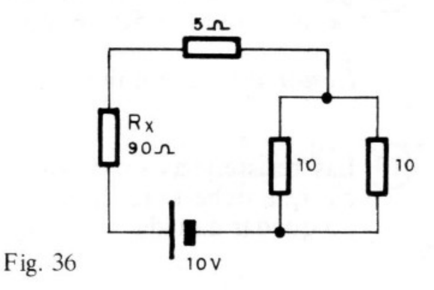


Fig. 36

(18) ¿Qué potencia disipa la resistencia Rx de la figura 37?

Resultado: 1,9 W

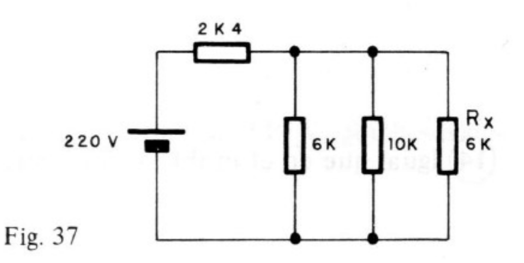


Fig. 37

(19) ¿Qué potencia disipa la resistencia Rx de la figura 38?

Resultado: 1,1 W

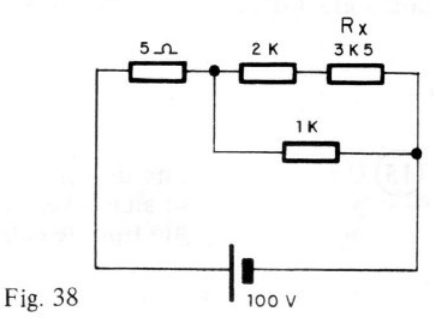


Fig. 38

(20) **(Resuelto)**

Teniendo en cuenta que el precio del kWh. se estima en 10 pesetas. calcular el coste del mantenimiento durante 8 horas de conexión de un amplificador que consume una potencia de 150 W.

Solución

En principio se calcula la energía total utilizada, mediante la siguiente fórmula:

$$E = P \cdot t = 150 \text{ W} \cdot 8 \text{ h.} = 1.200 \text{ Wh.}$$

Pasando los Wh. a kWh., se obtiene

$$1.200 \text{ Wh.} = 1{,}2 \text{ kWh.}$$

Si se supone que el kWh. tiene un coste de 10 Ptas., el importe del consumo del amplificador será:

$$\text{Coste} = E \text{ kWh.} \cdot 10 \text{ Ptas.} = 1{,}2 \cdot 10 = 12 \text{ Ptas.}$$

Resultado: 12 Ptas.

(21) ¿Cuánto dinero gastará un televisor de 300 W, que funciona diariamente 8 horas, durante un mes?

Resultado: 720 Ptas.

(22) Calcular la energía y el coste totales del funcionamiento de un torno de 3 CV funcionando 4 horas diarias y una fresadora de 2 CV que funciona 6 horas al día.

Resultado: 17,63 kWh. y 176 Ptas.

(23) Calcular el tiempo diario que está conectada una cadena musical, si el recibo mensual asciende a 660 Ptas y la cadena consume 360 W.

Resultado: 6 horas y 6 minutos

(24) Averiguar la potencia total instalada en una vivienda que tiene conectados todos sus aparatos eléctricos 9 horas diarias y su recibo mensual asciende a 5.900 Ptas.

Resultado: 2.185 W

TEMA 7. Corriente alterna

Documentación teórica

Los temas teóricos necesarios para resolver los problemas de "Corriente Alterna" pueden consultarse en la lección 7.ª de Teoría y en la 7.ª de Prácticas del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

(1) Representar sobre los gráficos de la figura 39, tomando como ejes la tensión y el tiempo, las siguientes tensiones de corriente alterna: a) 220 V y 50 Hz, b) 12 V y 250 Hz, c) 1.500 V y 100 Hz y d) 75 mV y 5.000 Hz.

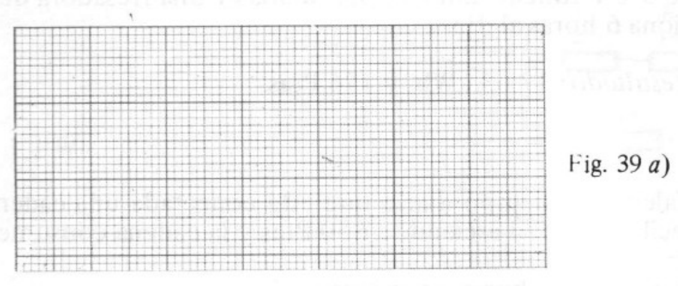


Fig. 39 *a)*

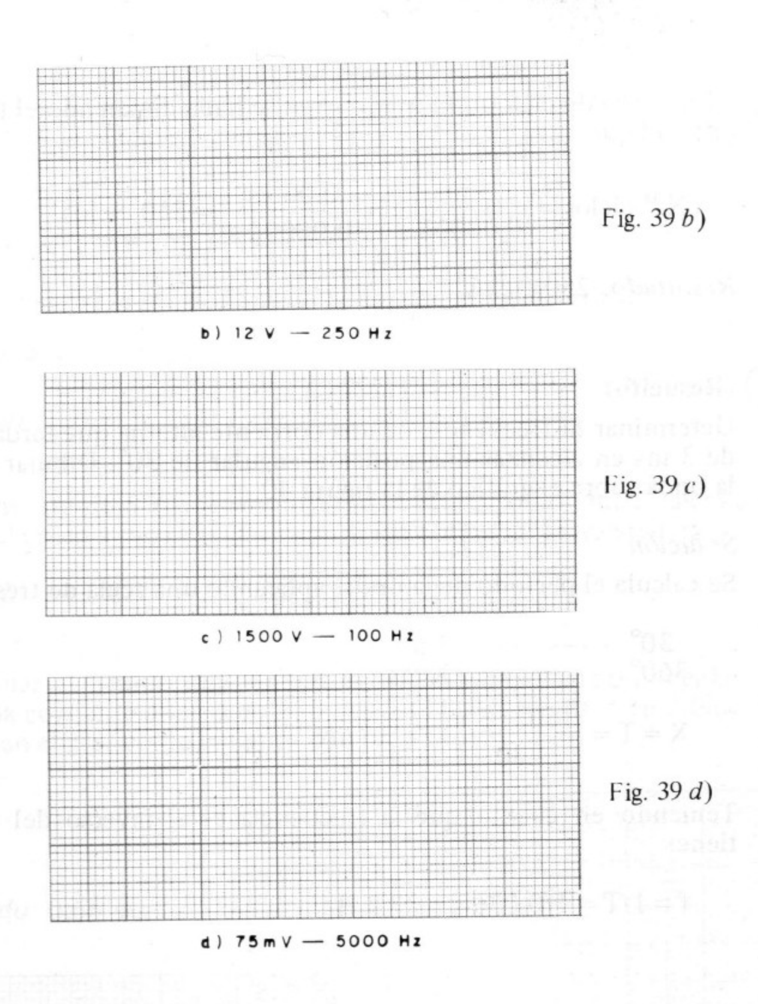


Fig. 39 *b*)

Fig. 39 *c*)

Fig. 39 *d*)

(2) (Resuelto)

Indicar el número de ciclos que se producen durante 5 milisegundos, para una corriente alterna de 50 kHz.

Solución

Se comienza averiguando el tiempo que dura un ciclo, o sea, el período T.

$$T = 1/f = 1/50.000 \text{ Hz} = 0{,}00002 \text{ s}$$

El número de ciclos que transcurren se halla dividiendo el tiempo total entre el que dura un ciclo.

$$\text{N.}^{\text{o}}\ \text{ciclos} = \frac{5\ \text{ms}}{0{,}00002\ \text{s}} = \frac{0{,}005\ \text{s}}{0{,}00002\ \text{s}} = 250\ \text{ciclos}$$

Resultado: 250 ciclos

(3) **(Resuelto)**

Determinar la frecuencia de una corriente alterna que tarda un tiempo de 3 ms en alcanzar una posición angular de 30°. Dibujar la forma de la onda sobre el gráfico de la figura 40.

Solución

Se calcula el período de la onda, aplicando una regla de tres:

$$\begin{array}{lcl} 30^\circ & \text{———————} & 3\ \text{ms} \\ 360^\circ & \text{———————} & X\ \text{ms} \end{array}$$

$$X = T = \frac{360^\circ \cdot 3\ \text{ms}}{30} = 36\ \text{ms}$$

Teniendo en cuenta que la frecuencia es el inverso del período, se tiene:

$$f = 1/T = 1/0{,}036\ \text{s} = 27{,}7\ \text{Hz}$$

Resultado: 27,7 Hz

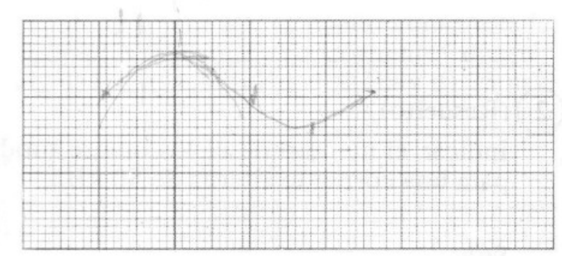


Fig. 40

(4) **(Resuelto)**

Calcular la corriente eficaz que circula por una resistencia de 52 ohmios, a la que se aplica una tensión, que vista en el osciloscopio, tiene un valor de pico a pico de 175 V.

Solución

En principio se calcula la tensión eficaz.

$$V_p = V_{pp}/2 = 175/2 = 87{,}5 \text{ V}$$
$$V = V_p/\sqrt{2} = 87{,}5/1{,}41 = 62 \text{ V}$$

Aplicando ahora la ley de Ohm se calcula la corriente eficaz.

$$I = V/R = 62/52 = 1{,}1 \text{ A}$$

Resultado: 1,1 A

(5) Una corriente de 5 A recorre una resistencia de 60 ohmios, calcular la tensión de pico a pico existente entre los bornes de la resistencia.

Resultado: 848 V

(6) Determinar el tiempo que tardará en llegar a una posición angular de 240° una corriente alterna de 250 V y 1.000 Hz. Realizar un dibujo de la onda en el gráfico de la figura 41.

Resultado: 0,66 ms

Fig. 41

(7) A una resistencia de 100 ohmios se le aplica una tensión de 175 V_{pp}. Averiguar la potencia que disipa.

Resultado: 38 W

(8) En un osciloscopio se ve que una corriente alterna tarda un tiempo de 25 ms en recorrer 60 ciclos. ¿Cuál es la frecuencia de dicha corriente?

Resultado: 2.400 Hz

(9) ¿En cuánto tiempo genera 500 ciclos una corriente alterna de frecuencia 24,5 kHz?

Resultado: 20,4 ms

(10) Calcular la potencia que disipa una resistencia de 54 ohmios, que tiene aplicada una tensión de corriente alterna de 375 V_{pp}.

Resultado: 325 W

(11) En una resistencia de 100 ohmios se disipa una potencia de 25 W. Hallar la tensión de pico a pico, que se debe aplicar a dicha resistencia.

Resultado: 141 V

(12) En un soldador cuya resistencia interna es 50 ohmios, se disipan 25 W. Determinar la corriente de pico a pico que circula por el mismo.

Resultado: 2 A

TEMA 8. Condesadores

Documentación teórica

En la lección 8.ª de la parte teórica y en la 8.ª de la parte práctica del tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL, puede encontrarse la información necesaria para resolver los problemas sobre "Condensadores".

(1) **(Resuelto)**

Determinar la capacidad de un condensador, en microfaradios, que tiene una superficie útil de sus placas de 100 cm^2, siendo la distancia

entre las mismas de 0,001 cm. El dieléctrico es de mica, con una K = $= 54 \cdot 10^{-12}$.

Solución

La solución de este problema sólo necesita aplicar la fórmula general de la capacidad de un condensador.

$$C = K \cdot \frac{S}{e} = 54 \cdot 10^{-12} \; \frac{100 \text{ cm}^2}{0{,}001 \text{ cm}} = 54 \cdot 10^{-12} \; \frac{0{,}01 \text{ m}^2}{0{,}00001 \text{ m}}$$

$$C = 54 \cdot 10^{-19} \text{ F} = 54 \text{ kpF}$$

Resultado: 54 kpF

(2) (Resuelto)

Un condensador se carga con $9{,}6 \cdot 10^{-9}$ culombios, al aplicarle entre sus bornes una tensión de 120 V. ¿Qué capacidad posee?

Solución

Se utiliza la siguiente fórmula:

$Q = C \cdot V$, de donde,

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{9{,}6 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{120 \text{ V}} = 0{,}00000000008 \text{ F} = 80 \text{ pF}$$

Resultado: 80 pF

(3) ¿Qué carga adquirirá un condensador de 5 microfaradios, cuando entre sus bornes tiene aplicada una tensión de 16 V?

Resultado: $8 \cdot 10^{-5}$ C

C = 0'000 005 F

Q = C · V =

(4) ¿Cuál deberá ser la distancia entre placas de un condensador, cuya superficie de placas es de 404 cm², si el dieléctrico tiene un K = $= 54 \cdot 10^{-12}$ y una capacidad de 90 pF?

Resultado: 2,4 cm

(5) Un condensador de 80 pF tiene una carga de $9{,}6 \cdot 10^{-9}$ C. ¿A qué tensión se encuentra cargado?

Resultado: 120 V

(6) Calcular la superficie útil de las placas de un condensador cuya distancia es de 5 mm si el dieléctrico es de papel seco de $K = 31 \cdot 10^{-12}$ y se desea obtener una capacidad de 10 microfaradios.

Resultado: 1.686 m^2

(7) Determinar la capacidad equivalente del circuito de la figura 42.

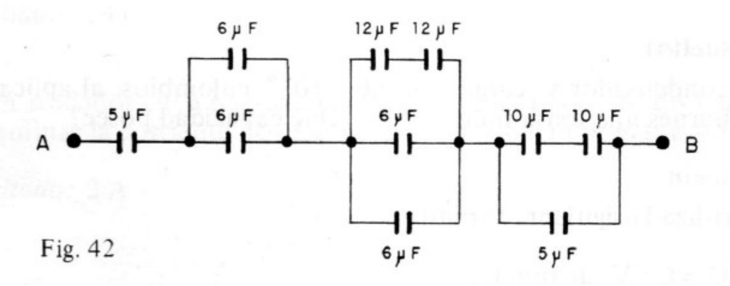


Fig. 42

Resultado: 2,28 microfaradios

(8) Determinar la capacidad equivalente del circuito de la figura 43.

Resultado: 20 microfaradios

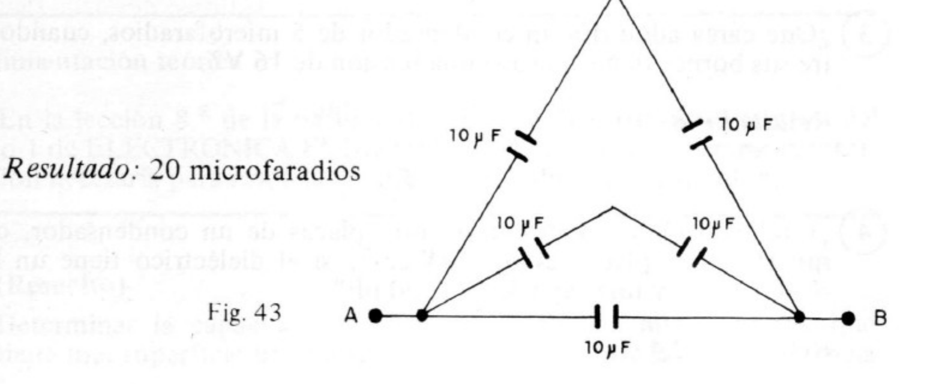


Fig. 43

(9) Determinar la capacidad equivalente del circuito representado en la figura 44.

Resultado: 9 microfaradios

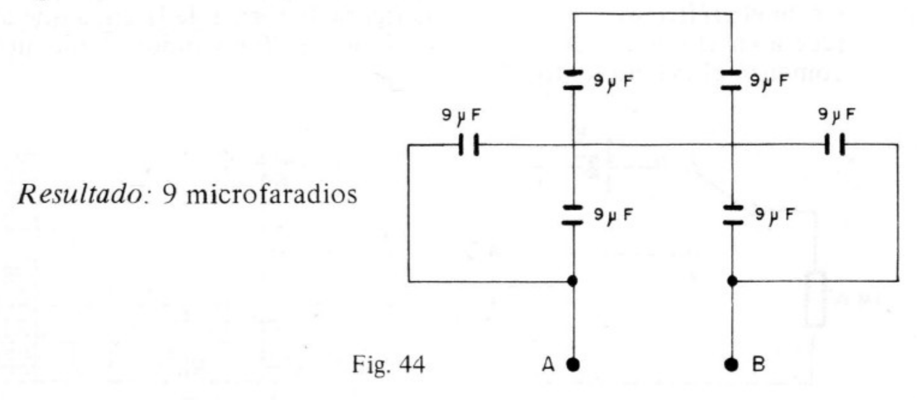


Fig. 44

(10) Calcular la capacidad equivalente del circuito de la figura 45.

Resultado: 793 microfaradios

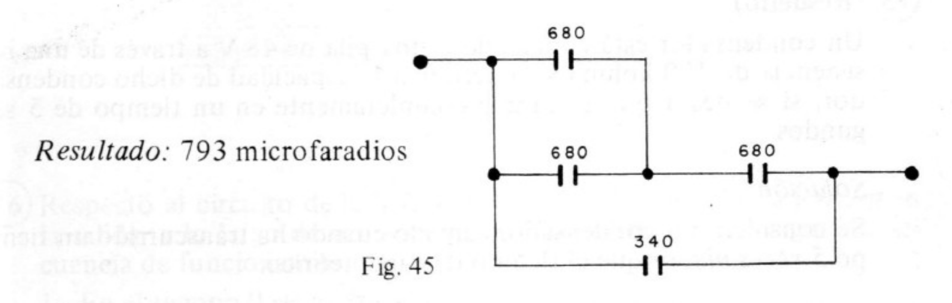


Fig. 45

(11) Supóngase que el interruptor del circuito representado en la figura 46, se mantiene abierto 3 segundos y luego se cierra durante 10 segundos, para abrirlo definitivamente. Representar en el gráfico de dicha figura: a) tensión V_{ab} ; b) corriente que circula por el circuito; c) tensión en el condensador.

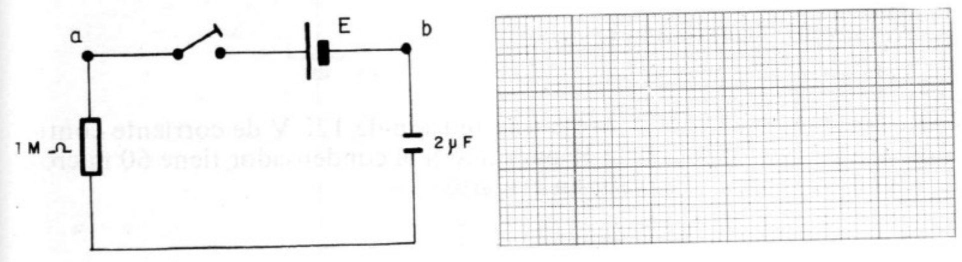


Fig. 46

(12) En principio el conmutador de la figura 47 se encuentra tal como se ha dibujado, pero al transcurrir 10 segundos se pasa a la posición 2. Dibujar en el gráfico que acompaña a la figura, la forma de la onda que aparecerá en el condensador en un período de 20 segundos, desde que se comenzó el experimento.

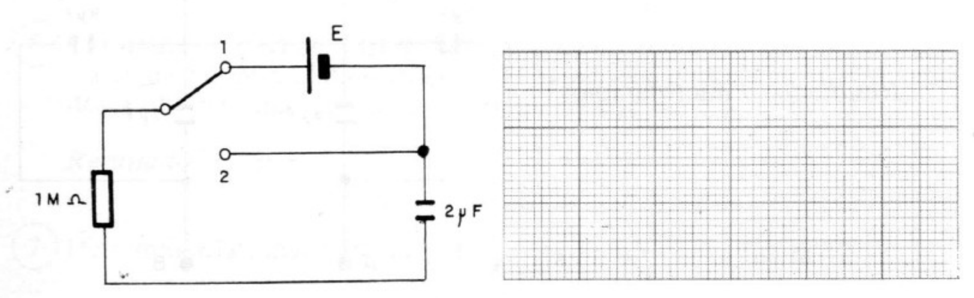


Fig. 47

(13) **(Resuelto)**

Un condensador está conectado a una pila de 48 V a través de una resistencia de 100 kohmios. Determinar la capacidad de dicho condensador, si se desea que se cargue completamente en un tiempo de 5 segundos.

Solución

Se considera un condensador cargado cuando ha transcurrido un tiempo *5 veces mayor* que el tiempo de carga teórico.

$$\text{Tiempo} = 5 \cdot R \cdot C$$

De la fórmula anterior se despeja la capacidad.

$$C = \frac{\text{Tiempo}}{5 \cdot R} = \frac{5\ \text{s}}{5 \cdot 100.000\ \text{ohmios}} = 0{,}00001\ \text{F} = 10\ \mu\text{F}$$

Resultado: 10 microfaradios

(14) A un circuito RC se conecta una tensión de 120 V de corriente continua. Calcular el valor de R para que si el condensador tiene 60 microfaradios, tarde 2 segundos en cargarse.

Resultado: 6,6 kohmios

(15) En el circuito de la figura 48 determinar y dibujar la tensión en el condensador a lo largo de un tiempo de 20 segundos, desde que se cierra el interruptor S.

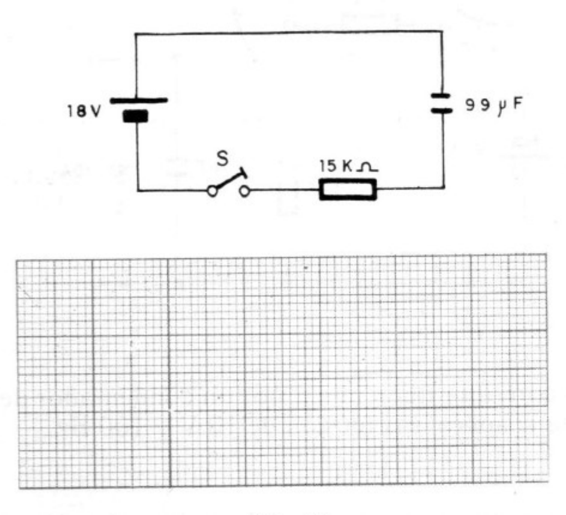


Fig. 48

(16) Respecto al circuito de la figura 49, determinar y dibujar la tensión en la salida, a lo largo de un período de 20 segundos, con la siguiente secuencia de funcionamiento:

1. En el tiempo 0 segundos se cierra el interruptor S.
2. Al de 5 segundos, se pasa el conmutador a la posición 1.
3. Al de 15 segundos del inicio se pasa el conmutador a la posición 2.

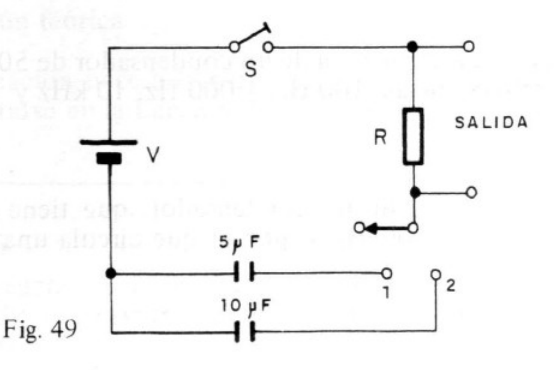


Fig. 49

(17) Sobre el circuito de la figura 50, dibujar la tensión de salida a lo largo de 20 segundos, si se desarrolla una secuencia de trabajo igual a la del problema anterior.

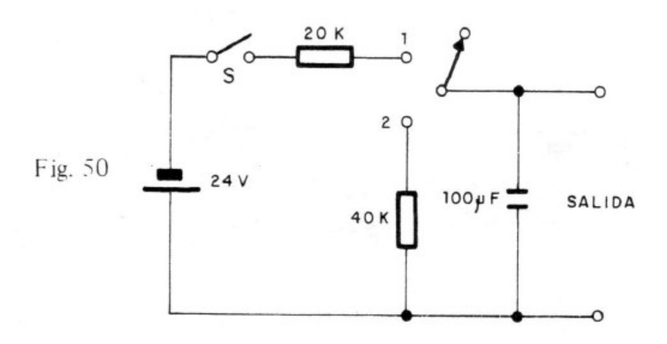


Fig. 50

(18) **(Resuelto)**

Averiguar la corriente que circula por un condensador de 5 microfaradios, al que se le aplica una tensión de 10 V y 100 Hz.

Solución

Se calcula la reactancia capacitiva del condensador, Xc, que es la resistencia del mismo a la corriente alterna.

$$Xc = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot c} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 318{,}5 \text{ ohm.}$$

Aplicando la ley de Ohm:

$$I = V/Xc = 10\ V/318{,}5 \text{ ohm} = 0{,}031\ A = 31\ mA$$

Resultado: 31 mA

(19) Calcular la reactancia capacitiva de un condensador de 500 kpF frente a las siguientes frecuencias: 100 Hz, 1.000 Hz, 10 kHz y 100 kHz. Razonar las respuestas.

(20) Determinar la capacidad de un condensador, que tiene aplicada una tensión de 100 V a 1.000 Hz y por el que circula una corriente de 5 mA.

Resultado: 7,9 kpF

(21) A un condensador de 5 microfaradios, se le aplican 25 V de conrriente alterna, circulando una intensidad de 15 mA. Calcular la frecuencia de dicha corriente alterna.

Resultado: 19 Hz

(22) Dibujar un gráfico con la variación de la reactancia capacitiva de un condensador de 16 microfaradios en función de la frecuencia. Tómense como valores de referencia de la frecuencia: 10 MHz, 100 MHz, 150 MHz y 200 MHz.

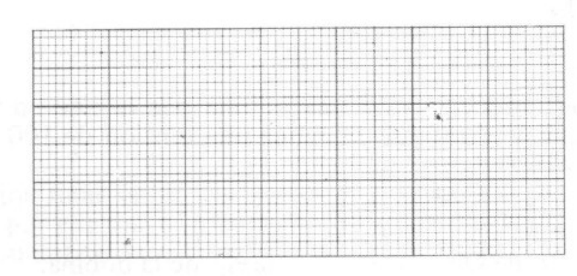


Fig. 51

TEMA 9. Bobinas

Documentación teórica

La información necesaria para resolver los problemas sobre "Bobinas" puede consultarse en la Lección 9.ª del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

---

(1) **(Resuelto)**

Hallar la reactancia inductiva de una bobina que tiene una autoinducción de 200 mH a las frecuencias de 10 Hz, 100 Hz y 200 Hz. Analizar las respuestas.

Solución

Se aplica la fórmula general de X_L para las 3 frecuencias pedidas:

$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

f = 10 $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 0,2$ H = 12,56 ohmios

f = 100 $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 0,2 = 125,6$ ohmios

f = 200 $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 0,2 = 251,3$ ohmios

La reactancia inductiva es directamente proporcional a la frecuencia de la corriente alterna.

(2) **(Resuelto)**

Calcular la autoinducción de una bobina por la que circula una corriente de 0,25 A cuando se la aplica una tensión de 100 V a una frecuencia de 50 Hz.

Solución

Aplicando la ley de Ohm se averigua la X_L de la bobina.

$I = V/X_L$, de donde $X_L = V/I = 100$ V/0,25 A = 400 ohmios

Conocida X_L, se despeja en su fórmula el valor de la autoinducción.

$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$, de donde:

$L = X_L / 2 \cdot \pi \cdot f = 400/2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 1,27$ H

Resultado: 1,27 H

(3) Representar en el gráfico de la figura 52 la variación de la reactancia inductiva en función de la frecuencia, refiriéndose a una bobina de 45 mH de autoinducción y tomando como valores de las frecuencias 10 Hz, 100 Hz, 200 Hz y 300 Hz.

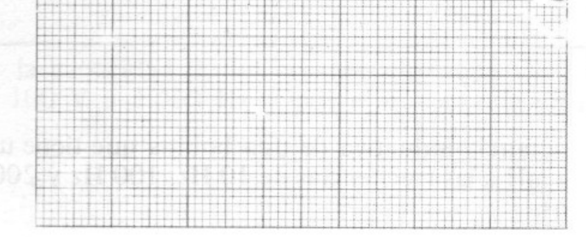


Fig. 52

(4) Determinar la potencia que se disipa en una bobina de autoinducción 300 mH a la que se aplica una tensión de 12 V a 100 MHz.

Resultado: 7,6 microvatios

(5) Averiguar la frecuencia de una tensión de 10 V que al aplicarse a una bobina de 500 mH produce una corriente de 15 mA.

Resultado: 212 Hz

(6) ¿A qué frecuencia, una bobina de 450 mH disipa una potencia de 45 W, si está conectada a una tensión de 220 V?

Resultado: 380 Hz

(7) Una bobina tiene entre sus bornes una tensión de pico a pico de 37 V y circula por ella una corriente de 257 mA a una frecuencia de 100 Hz. Calcular su autoinducción.

Resultado: 81 mH

TEMA **10.** Transformadores

Documentación teórica

Para resolver los problemas de "Transformadores" se recomienda consultar la Lección 9.ª del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

---

(1) En un transformador, figura 53, con 400 espiras en el primario y 200 en el secundario, se desea conocer:

1. La tensión en el secundario cuando el primario se conecta a 220 V.

2. Las corrientes del primario y secundario si alimenta a una carga de 100 W de consumo.

Resultado: 1) 11 V; 2) 9 A y 0,45 A

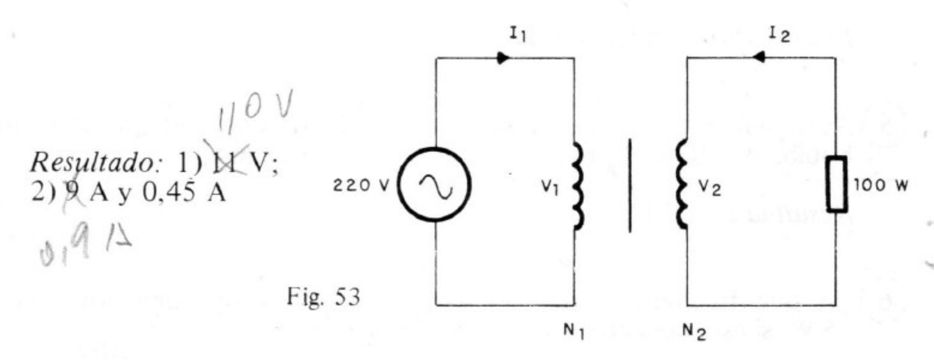


Fig. 53

② El transformador de la figura 54, tiene en sus devanados los consumos que se indican. Sabiendo que N3 = 12.500 espiras y está conectado a 220 V, averiguar el número de espiras de los restantes devanados. Calcular igualmente el valor de las corrientes primarias y secundarias de los devanados.

Resultado: Espiras: 2.384; 3.138; 302,50 y 50
Corrientes: 0,63; 0,63; 0,06; 4,16; 15 y 15 A

Fig. 54

(3) Calcular: a) la relación de transformación "m" que se necesita en un transformador, cuya tensión en el primario es de 173 V y se desea alimentar en el secundario una carga de 40 W a 2,6 A de corriente; y b) el número de espiras que deberá tener el primario, si el secundario tiene 113.

Resultado: a) 11, 2; b) 1.270

TEMA **11.** Impedancia y resonancia

Documentación teórica

Lección 9.ª del Tomo 1 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

(1) **(Resuelto)**

Determinar la impedancia de un circuito serie formado por una resistencia de 15 ohmios y una bobina de 15 mH, conectado a una tensión de 100 V y 50 Hz.

Solución

Se calcula primero la Reactancia inductiva de la bobina.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 0{,}015 = 4{,}7 \text{ ohmios}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{15^2 + 4{,}7^2} = 15{,}72 \text{ ohmios}$$

Resultado: 15,72 ohmios

(2) Calcular la corriente total que circula por el circuito de la figura 55.

Resultado: 5,6 A

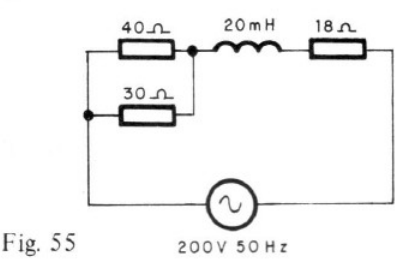


Fig. 55

(3) Calcular la corriente que atraviesa los circuitos que se muestran en la figura 56.

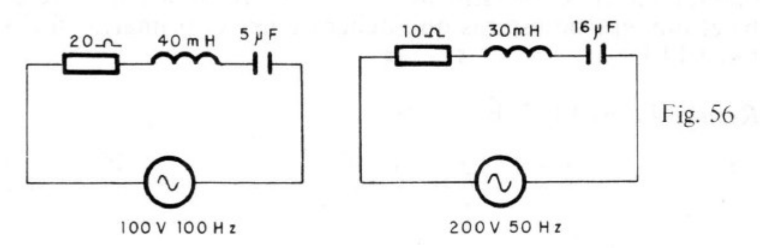


Fig. 56

Resultado: 0,34 A y 1 A

(4) **(Resuelto)**

Calcular los valores del condensador variable C, para que el circuito de la figura 57 resuene a la frecuencia de 100 Hz y 9 kHz.

Solución

Hay que despejar C en la fórmula de la frecuencia de resonancia f_0

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}; \qquad f_0^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C}$$

$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot f_0^2}$$

Si $f_0 = 100$ Hz, $C = 4{,}2\ \mu F$

Si $f_0 = 9.000$ Hz, $C = 631$ pF

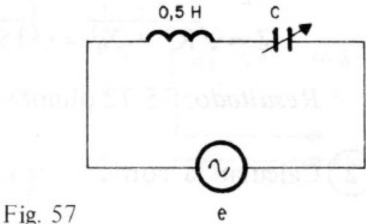


Fig. 57

Resultado: 4,2 µF y 631 pF

(5) Calcular la frecuencia de resonancia de un circuito serie formado por una resistencia de 10 ohmios, un condensador de 16 microfaradios y una bobina de 30 mH.

Resultado: 230 Hz

(6) Determinar la corriente que circulará por el circuito de la figura 58.

Resultado: 1 microamperio

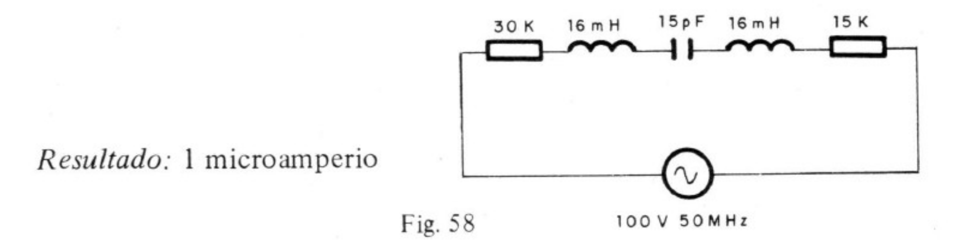


Fig. 58

(7) Averiguar la intensidad que pasa por el circuito de la figura 59, teniendo en cuenta que la frecuencia de la corriente alterna es de 726,4 Hz.

Resultado: 5 A

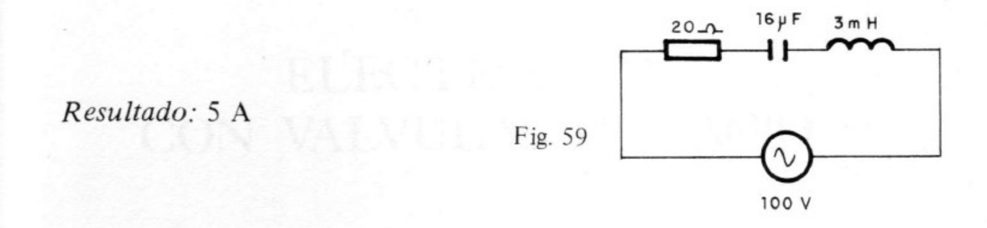


Fig. 59

Segunda parte

ELECTRONICA CON VALVULAS DE VACIO

TEMA **1.** Diodo de vacío y de estado sólido

Documentación teórica

Para resolver los problemas de este tema, se recomienda consultar las lecciones "Las válvulas electrónicas" y "El diodo" del Tomo 2 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

---

(1) **(Resuelto)**

Determinar gráficamente la curva característica de una válvula diodo, que tiene una resistencia interna de 4.750 ohmios. El dibujo quedará comprendido entre unas tensiones ánodo-cátodo de 0 V y 22 V.

Solución

En la figura 60 se presenta un ejemplo de cómo se debe realizar este problema.

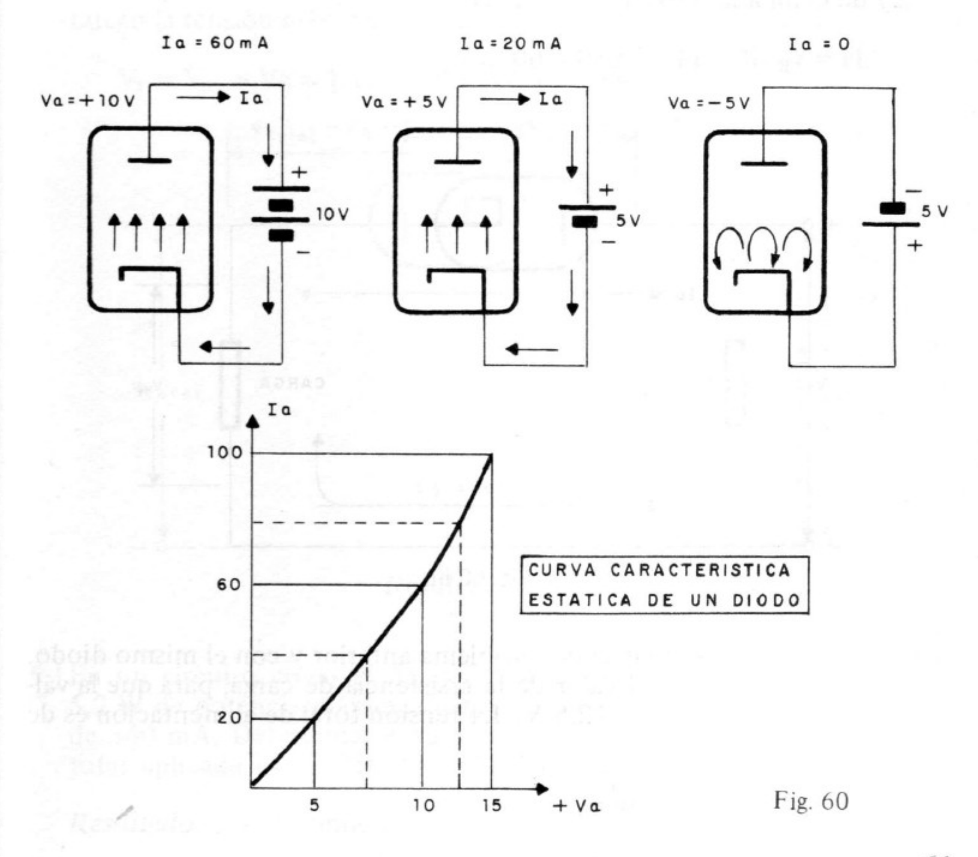


Fig. 60

(2) **(Resuelto)**

El circuito de la figura 60 bis tiene aplicado una tensión V_T de 350 V de c.c. El diodo tiene una curva característica como la que muestra la figura 60. Calcular la corriente que recorrerá el circuito, si la resistencia de carga tiene un valor de 5,66 K ohmios y entre sus extremos, una tensión de 340 V.

Solución

Se comienza hallando la tensión que tiene aplicado el diodo.

$$V_{AK} = 350 - 340 = 10 \text{ V}$$

Si se traslada la tensión calculada a la curva característica del diodo, se comprueba que la corriente que circula por el mismo es Ia = 60 mA. Para comprobar que el cálculo anterior ha sido bien hecho, se aplica la ley de Ohm a la resistencia de carga:

$$Ia = V_R / R = 340/5.660 = 60 \text{ mA}$$

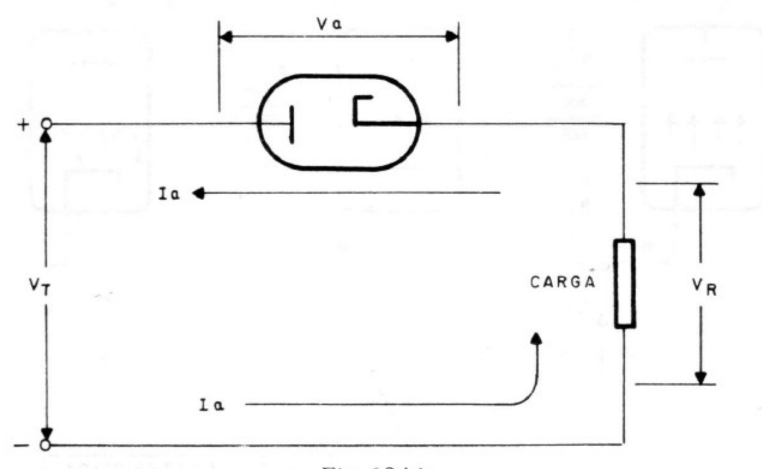


Fig. 60 bis

(3) En un circuito, similar al del problema anterior y con el mismo diodo, se desea determinar el valor de la resistencia de carga, para que la válvula tenga una V_{AK} de 12,5 V. La tensión total de alimentación es de 473 V de c.c.

Resultado: 5.756 ohmios.

(4) **(Resuelto)**

La potencial máxima que puede soportar el diodo de la figura 61 es de 2,2 W. Si la resistencia de carga tiene un valor de 4.700 ohmios y la tensión en el diodo es de 9,3 V, averiguar la alimentación máxima a la que puede conectar el circuito.

Solución

En función de la potencia máxima, se determina la corriente máxima que puede atravesar el diodo.

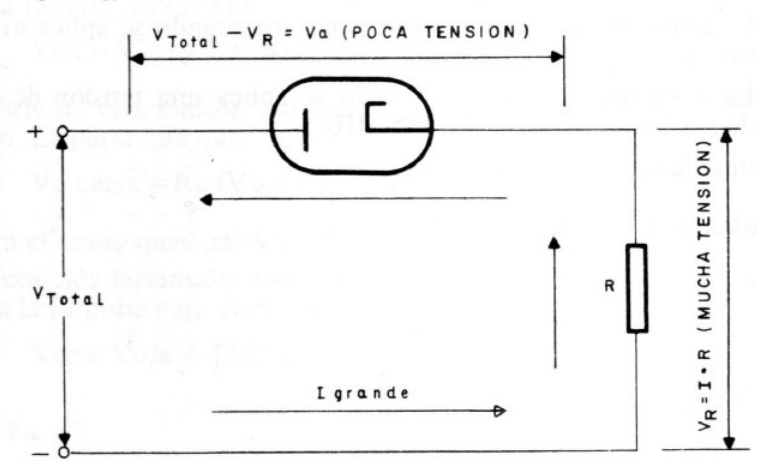
$$I\ máx = P/V = 2{,}2/9{,}3 = 237\ mA.$$

Con esta intensidad máxima, la tensión en la resistencia de carga será:

$$V_R = I \cdot R = 0{,}237 \cdot 4.700 = 1.114\ V$$

Luego la tensión máxima que se podrá aplicar al circuito será:

$$V_T = V_R + Va = 1.114 + 9{,}3 = 1.123{,}3\ V$$



Resultado: 1.123,3 V

Fig. 61

(5) En un circuito como el de la figura 61, se dispone de un diodo con 5,2 W de potencia máxima disipable y por el que circula una corriente de 340 mA. Determinar el valor de la resistencia de carga, si la tensión total aplicada es de 750 V y el diodo trabaja a la potencia máxima.

Resultado: 2.161 ohmios.

(6) Un circuito como el de la figura 61, incluye un diodo con las características que se muestran en la figura 60. Hallar la potencia que disipa el diodo, si su resistencia interna es de 125 ohmios y la de carga es de 2.300 ohmios. La tensión conectada al circuito es de 80 V.

Resultado: 0,22 W

(7) Calcular la resistencia interna de un diodo por el que circula una corriente de 55 mA. El diodo pertenece a un circuito como el de la figura 61, en el que la resistenci de carga tiene un valor de 4.500 ohmios y la tensión total aplicada es de 300 V.

Resultado: 955 ohmios

(8) Un diodo dispone de una resistencia interna de 225 ohmios y una capacidad interelectródica de 83 pF, encontrándose conectado en serie a una resistencia de carga de 1.750 ohmios. Hallar:

a) La corriente que circula por el circuito cuando se aplica una tensión total de 300 V de c.c.

b) La corriente que circula cuando se aplica una tensión de 300 V de c.a. a una frecuencia de 45 MHz.

Razonar las respuestas.

Resultado: 152 mA y 167 mA

TEMA 2. Rectificación y filtrado

DOCUMENTACION TEORICA

Lecciones "La rectificación y "El filtrado" del Tomo 2 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

① **(Resuelto)**

Se desea conocer la tensión de c.c. media que se obtiene de un circuito rectificador como el de la figura 62, en el que la resistencia de carga es de 3.500 ohmios, la resistencia interna del diodo de 120 ohmios y se aplica una tensión de entrada de 200 V de c.a., teniendo el transformador una relación de transformación n = 0,5.

Solución

El valor de la tensión media de c.c. que produce en la carga una tensión de c.a., rectificada en media onda, viene dado por:

$$Vcc = Vo/\pi$$

Vo es el valor máximo de la tensión pulsatoria aplicada a la carga.

La tensión eficaz en el secundario del transformador de la figura 62, será:

$$V1/V2 = N1/N2; \quad V2 = V1 \cdot N2/N1 = 200 \cdot 1/0{,}5 = 400\ V$$

La tensión máxima en el secundario será:

$$Vo2 = V2 \cdot \sqrt{2} = 400 \cdot 1{,}41 = 564\ V$$

Parte de esta tensión queda en la resistencia de carga y parte en el diodo. La parte que queda en la resistencia de carga será:

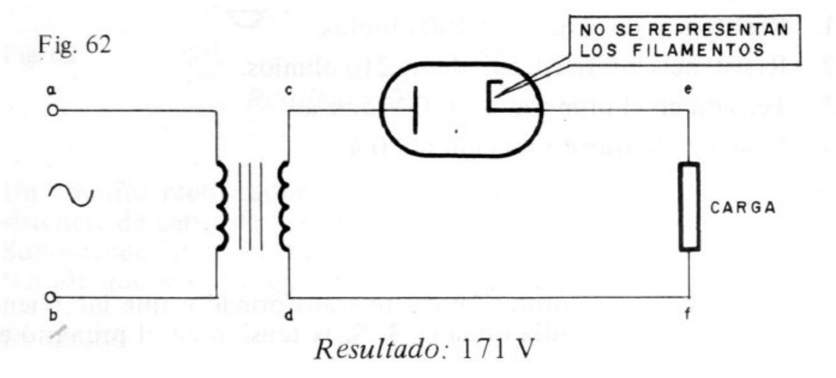
$$Vo\ carga = Rc\ (Vo/Rint + Rc) = 538\ V$$

En el diodo quedará: $Va = 564 - 538 = 26\ V$

Conocida la tensión máxima de salida en la carga, Vo = 538 V, se aplica la fórmula para averiguar la c.c. correspondiente.

$$Vcc = Vo/\pi = 538/3{,}14 = 171\ V \text{ de c.c. pura.}$$

Fig. 62



Resultado: 171 V

(2) Determinar la tensión de c.c. media, que recibirá una resistencia de carga de 5.500 ohmios de valor, incluida en un circuito como el de la figura 62, del que se conocen los datos siguientes:

1. Resistencia interna del diodo 350 ohmios
2. Tensión de c.a. de alimentación 380 V
3. Relación de transformación del transformador, 2.

Resultado: 80 V

(3) Un rectificador como el de la figura 62 se alimenta con una tensión de 220 V y suministra una tensión media de c.c. de 550 V, a una carga de 4.750 ohmios. Hallar la relación del transformador y la intensidad de corriente continua Icc del circuito, suponiendo despreciable la resistencia interna del diodo.

Resultado: 0,18 y 116 mA

(4) Calcular la tensión que se ha de aplicar al primario de un transformador de n = 1,5 para disipar una potencia de 4,8 W en la resistencia de carga de 7.000 ohmios. El circuito que se considera es el de la figura 62 y se supone despreciable la resistencia interna del diodo.

Resultado: 194 V

(5) Averiguar la potencia media de c.c. disipada en la resistencia de carga de un rectificador de media onda como el de la figura 62, considerando los siguientes datos:

1. Resistencia de carga de 3.400 ohmios.
2. Resistencia interna del diodo de 210 ohmios.
3. Tensión en el primario de 110 V de c.a.
4. Relación de transformación n = 0,4.

Resultado: 4 W

(6) La relación de transformación de un transformador que interviene en un rectificador de media onda es 3. Si la tensión en el primario es de

220 V y se supone despreciable la resistencia interna del diodo, calcular la tensión media de c.c. que recibe la carga.

Resultado: 33 V de c.c. media

(7) **(Orientado)**

En un rectificador de onda completa, como el de la figura 63, se aplican 220 V en su entrada. En el transformador N1 = 100, N2 = 150 y N3 = 150. Si se supone despreciable la resistencia interna del diodo, calcular la tensión media de c.c. que tendrá la carga, así como la corriente que circula por ella, si tiene 2.500 ohmios de valor.

Orientación:

La tensión media de c.c. de un rectificador de onda completa se considera el doble que la del de media onda, o sea.

$$Vcc = 2 \cdot Vo/3,14$$

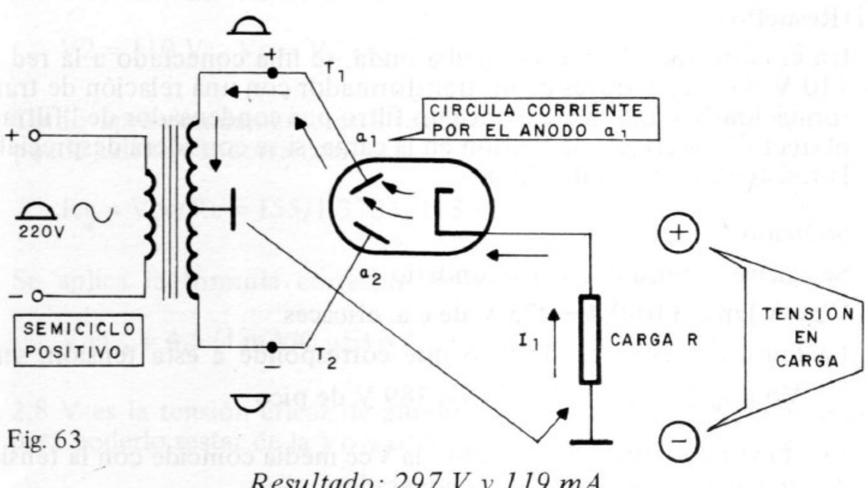


Fig. 63

Resultado: 297 V y 119 mA

(8) Un circuito rectificador como el del problema anterior, tiene una resistencia de carga de 1.400 ohmios, que disipa una potencia de 10 W. Suponiendo despreciable la resistencia interna del diodo, calcular la tensión que se ha de aplicar a la entrada del circuito.

Resultado: 87 V

(9) En un rectificador de onda completa, como el de la figura 63, se disponen de las siguientes relaciones de transformación:

N1/N2 = 1/2 y N1/N3 = 1/2

La resistencia de carga es de 1.200 ohmios y la interna del diodo de 90 ohmios. Averiguar la potencia que disipa la resistencia de carga, si el transformador se alimenta con una tensión de 380 V de c.a.

Resultado: 337,6 W

(10) En un rectificador de onda completa, la alimentación es de 220 V de c.a. y suministra una tensión de c.c. media de 100 V, considerando despreciable las resistencias internas de los diodos. Siendo N1 = 770 espiras, calcular la relación de transformación y el número de espiras de N2 y N3

Resultado: 2 y 385 espiras

(11) **(Resuelto)**

Un circuito rectificador de media onda, se hlla conectado a la red de 110 V de c.a., a través de un transformador con una relación de transformación N = 0,4. Se le coloca un filtro por condensador de "filtrado perfecto". Averiguar la tensión en la carga, si se considera despreciable la resistencia interna del diodo.

Solución

Se calcula la tensión en el secundario

V2 = V1/n = 110/0,4 = 275 V de c.a. eficaces

La tensión máxima o de pico que corresponde a esta tensión, será:

$$Vo = \sqrt{2} \cdot V2 = 1{,}41 \cdot 275 = 389 \text{ V de pico}$$

En el caso del "filtrado perfecto" la Vcc media coincide con la tensión de pico, debido al efecto del condensador.

$$Vcc = Vo = 389 \text{ V.}$$

Téngase en cuenta, que la solución obtenida es ideal y que en la práctica la tensión real es inferior, especialmente cuando la carga consume una corriente de cierta importancia.

Resultado: 389 V

(12) En un rectificador de media onda con filtro a condensador "perfecto", circulan 90 mA por la carga, cuyo valor es de 750 ohmios. Si se supone despreciable la resistencia interna del diodo y la relación de transformación es 3, calcular la tensión que hay que aplicar a la entrada del circuito.

Resultado: 143 V

(13) **(Resuelto)**

Se desea conocer la tensión media de c.c. y el zumbido de un rectificador de media onda, que está alimentado con 110 V a través de un transformador con relación de transformación igual a la unidad. El condensador de filtro es de 180 microFaradios, la resistencia de carga de 1.370 ohmios y se supone despreciable la Ri del diodo.

Solución

Se comienza calculando la corriente que pasa por la carga.

$$V2 = 110\ V; \quad Vo = V2 \cdot \sqrt{2} = 110 \cdot 1{,}41 = 155\ V$$

Como aproximadamente esta tensión será la de salida del circuito, se puede calcular la corriente:

$$Icc = Vcc/Rc = 155/1.370 = 113\ mA.$$

Se aplica la fórmula correspondiente para determinar el zumbido:

$$V\,ef._z = 4{,}5\ (I\ mA/C\ \mu F) = 4{,}5\ (113/180) = 2{,}8\ V$$

2,8 V es la tensión eficaz de zumbido. Se determina el valor máximo para poderlo restar de la Vo y obtener la componente continua.

$$V_{máx\ zumbido} = 1{,}41 \cdot 2{,}8 = 4\ V$$

$$Vcc = Vo - V_{máx\ zumbido} = 155 - 4 = 151\ V$$

Este valor corresponde a la tensión de componente continua existente en la carga.

Resultado: 151 V

(14) Calcular la tensión de c.c. y el zumbido que se tiene en bornes de una resistencia de carga de 5.750 ohmios, incluida en el circuito de un rectificador de media onda, con un transformador de relación de transformación 4 y que está alimentado con 400 V de c.a. La Ri del diodo es despreciable y el condensador de filtro es de 80 microFaradios.

Resultado: 139,4 V y 2 V

(15) **(Orientado)**

En un rectificador de onda completa, que suministra una tensión media de c.c. pulsatoria de 140 V a una carga de 1.100 ohmios, se desea colocar un filtro por condensador que produzca un zumbido de solamente 1 V de tensión máxima. Determinar la capacidad de dicho condensador.

Orientación

La fórmula a emplear será:

$$V_{cc} = 2 \cdot V_o/3{,}14$$

Vo será la tensión, aproximadamente, que tendrá la resistencia de carga cuando se coloque el condensador de filtro.

Resultado: 485 microFaradios

(16) A un rectificador de media onda sin filtro, que se aplica una tensión primaria de 220 V, a través de un transformador de n = 2 y que alimenta una resistencia de carga de 900 ohmios, se le desea colocar un filtro a condensador que produzca un "zumbido" de sólo 5 V de pico. Determinar su capacidad.

Resultado: 219 microFaradios

(17) Calcular el valor de la relación de transformación y de la capacidad del condensador de filtro de un rectificador de media onda, que alimentado por el primario con 220 V debe alimentar a una carga con una tensión de c.c. de 100 V y con un zumbido de tensión máxima de 7 V. El valor de la resistencia de carga es de 1.050 ohmios y se supone despreciable la Ri del diodo.

Resultado: 2,9 y 86 microFaradios

(18) Determinar con exactitud la potencia de c.c. que se disipa en una resistencia de carga de 990 ohmios, incluida en un rectificador de onda completa, cuyo transformador tiene una n = 0,5 y se alimenta con 220 V. La Ri de los diodos se considera despreciable y el condensador de filtro es de 22 microFaradios.

Resultado: 347 W

TEMA 3. Rectificación y filtrado con diodos de estado sólido

Documentación teórica

Además de las lecciones indicadas para los temas anteriores, se recomienda consultar la lección "Diodos en estado sólido", del Tomo 2 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

---

(1) **(Resuelto)**

A un diodo de estado sólido que tiene una resistencia interna directa de 25 ohmios y una inversa de 600 K ohmios, se le aplican:

a) 4 V de tensión directa.

b) 300 V de tensión inversa.

Calcular la potencia que disipa el circuito en cada caso.

Solución

Cuando se polariza directamente al diodo, se comporta como una resistencia de 25 ohmios, con lo que la corriente que lo atraviesa será:

$I_{directa} = 4\ V/25\ oh = 0{,}16\ A = \ 60\ mA$

La corriente que circula por el diodo cuando se le polariza inversamente será:

$I_{inversa} = 300\ V/600.000\ oh = 0{,}5\ mA$

Las potencias que se disipan en cambos casos son:

a) $P_{directa} = V_{directa} \cdot I_{directa} = 4 \cdot 0{,}16 = 640\ mw$
b) $P_{inversa} = V_{inversa} \cdot I_{inversa} = 300 \cdot 0{,}0005 = 150\ mw$

Resultado: 640 mw y 150 mw

(2) Determinar la potencia que disipa un diodo, con 35 ohmios de resistencia interna, cuando estando polarizado directamente, circulan por él 190 mA.

Resultado: 1,26 w

(3) Hallar la tensión máxima que se puede aplicar a un diodo de estado sólido, que tiene una resistencia interna de 40 ohmios y admite una potencia máxima de disipación de 5 vatios.

Resultado: 14 V

(4) La potencia máxima que puede disipar un diodo determinado es de 15,2 w. Calcular la corriente máxima directa que soporta, si presenta una resistencia interna de 2 ohmios.

Resultado: 2,75 A

(5) El diodo BY 126 soporta una corriente máxima de 1 A y tiene una resistencia interna de 6,2 ohmios. Averiguar la potencia máxima que puede disipar.

Resultado: 6,2 w

(6) El diodo de silicio BYX 38 soporta una potencia máxima de 14 w. Calcular la máxima corriente que puede pasar por él en los casos siguientes:

1. Con una tensión directa de 2,33 V.
2. Con una tensión directa de 4 V

Resultado: 6 A y 3,5 A

(7) **(Orientado)**

Un rectificador de media onda con transformador y diodo de estado sólido, se encuentra conectado a una carga de 100 ohmios y alimentado por una tensión de 125 V con una relación de transformación n = 5. Hallar la tensión media de c.c. en la carga, si la resistencia interna del diodo es de 5 ohmios.

Orientación

El procedimiento matemático a emplear es idéntido al utilizado en los circuitos con válvulas. Las magnitudes de tensión y corriente son algo diferentes. Recuérdese que:

$Vcc = Vo/3,14$ y $Vo = Vcc \cdot 3,14$

Resultado: 10,72 V

(8) **(Resuelto)**

Por la carga de un rectificador de media onda, que tiene un valor de 30 ohmios, circulan 2 A. Teniendo en cuenta que la resistencia interna del diodo es de 1,5 ohmios, averiguar la tensión que hay que aplicar a la entrada del transformador que tiene una n = 4

Solución

La Vcc media que habrá en la carga y el diodo es:

$Vcc_{Total} = 30 \cdot 2 + 1,5 \cdot 2 = 63$ V de c.c.

Aplicando la fórmula expuesta en el problema anterior,

$Vo = Vcc \cdot 3,14 = 63 \cdot 3,14 = 198$ V

De donde $V2 = Vo/\sqrt{2} = 198/1,41 = 140$ V

$V1/V2 = 4; \quad V1 = 4 \cdot V2 = 4 \cdot 140 = 560$ V

Resultado: 560 V

(9) Determinar la relación de transformación del transformador de un rectificador de onda completa en puente de Graetz, que tiene aplicados 380 V en su primario y produce en la carga una tensión de 100 V de c. c. media. Se supone despreciable la resistencia interna de los diodos.

Resultado: 3,42

(10) En la resistencia de carga de un rectificador de media onda se disipa una potencia de 110 w. Determinar la corriente media que circula por la carga, si a la entrada se aplica una tensión de 220 V y el transformador tiene una relación de transformación de valor 5. La resistencia interna del diodo es despreciable.

Resultado: 5,5 A

(11) Un rectificador de media onda está alimentado con 220 V y el transformador tiene una n = 6. Determinar la tensión media de c.c. que tendrá una carga de 24 ohmios, si la resistencia interna del diodo es de 3,2 ohmios.

Resultado: 14,56 V

(12) En un rectificador en puente de Graetz se coloca una carga de 10 ohmios, en la que se deben de producir 250 w. Calcular la tensión de entrada que hay que aplicar, si el transformador tiene una n = 10.

Resultado: 555 V

(13) Determinar la capacidad del condensador de filtro que hay que colocar a la salida de un rectificador de media onda para que una carga de 44 ohmios tenga una tensión de zumbido de 4 V máxima o de pico. El transformador que se alimenta de 220 V tiene una relación n = 1. Se supone despreciable la resistencia interna del diodo.

Resultado: 11.100 microfaradios

(14) En un rectificador en onda completa tipo puente de Graetz, se ha colocado un condensador de filtro de 1600 microfaradios. El rectifica-

dor se alimenta a una tensión de 220 V y la relación del transformador es 11,5. Si la resistencia de los diodos se supone despreciable, calcular la tensión de c.c. media y el zumbido en una carga de 140 ohmios.

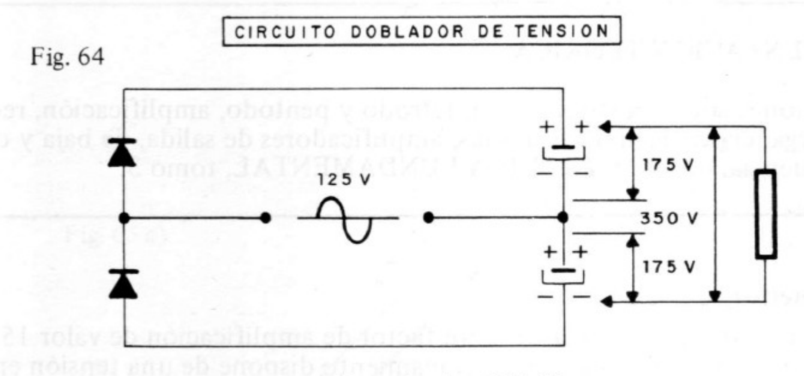
Resultado: 26,8 y 0,3 V

(15) Un rectificador de media onda con condensador de filtro, alimenta a una carga de 150 ohmios, produciendo en ella una corriente media de c.c. de 200 mA, con un zumbido de 2 V de pico. Calcular la tensión de entrada al transformador que tiene una n = 9,4 y la capacidad del condensador.

Resultado: 80 V y 640 microfaradios.

(16) En el doblador de tensión de la figura 64 se aplica una tensión de c. a. en la entrada de 220 V. Calcular la tensión de c. c. que se obtiene en la resistencia de carga.

Fig. 64



Resultado: 622 V

(17) En un doblador de tensión como el de la figura 64 se disipa en la carga una potencia de 23,5 w. Calcular el valor eficaz de la tensión de c. a. que se ha de aplicar a la entrada, si la resistencia de carga tiene un valor de 1.340 ohmios.

Resultado: 63 V eficaces

(18) Calcular el valor de la resistencia de carga de un doblador de tensión, como el de la figura 64, en el que aplicando una tensión de 125 V de c.a. a la entrada, se produce una disipación de 120 w en la carga.

Resultado: 1.041 ohmios

(19) Determinar la tensión que hay que aplicar a la entrada de un divisor de tensión para que circulen 755 mA por una carga de 105 ohmios.

Resultado: 28 V

TEMA 4. Amplificación con válvulas de vacío

DOCUMENTACION TEORICA

Lecciones sobre válvulas triodo, tetrodo y pentodo, amplificación, recta de carga, clases de amplificadores, amplificadores de salida, de baja y de alta frecuencia, de ELECTRONICA FUNDAMENTAL, tomo 3.

---

(1) **(Resuelto)**

Una determinada válvula tiene un factor de amplificación de valor 150 y en un momento dado de funcionamiento dispone de una tensión entre ánodo-cátodo de 123 V. Calcular la tensión de ánodo V_a, cuando su tensión de rejilla varíe desde -4 V a $-1{,}5$ V.

Solución

La fórmula del factor de amplificación es la siguiente:

$$\mu = \frac{V_{a1} - V_{a2}}{V_{g1} - V_{g2}}$$

Se supone que se conoce el punto de trabajo de la válvula en el que $V_{a1} = 123$ V y $V_{g1} = -4$ V. Despejando de la fórmula el término desconocido V_{a2} se obtiene:

$$V_{a2} = \frac{\mu\,(V_{g1} - V_{g2})}{V_{a1}} = \frac{150 \cdot 2{,}5}{123} = 3 \text{ V}$$

Luego cuando la tensión de reja sea de –1,5 V, la tensión entre ánodo y cátodo será de 3 V.

Resultado: 3 V

(2) En el circuito de la figura 65, con una resistencia de carga de 3.500 ohmios y una tensión de alimentación de 250 V, se observa que cuando la tensión en la reja varía desde –3 V hasta –3,8 V, la corriente Ia baja desde 20 mA hasta 11 mA. Determinar el factor de amplificación de la válvula triodo del circuito.

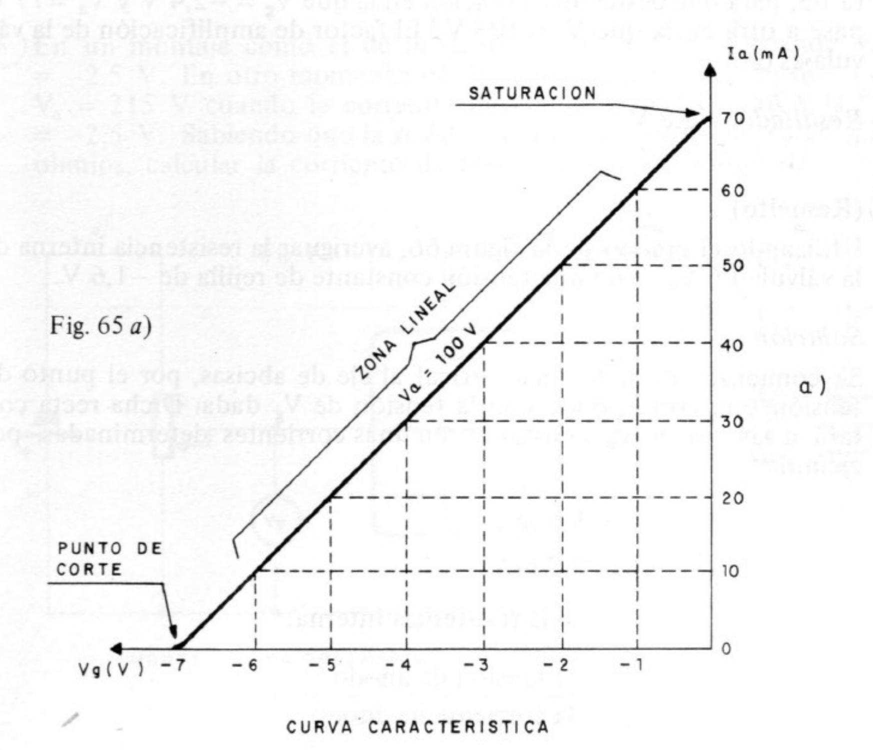
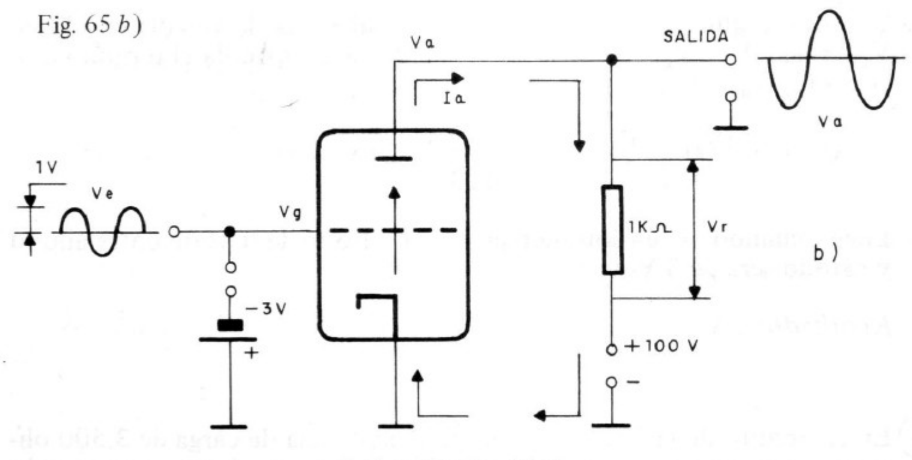


Fig. 65 *a*)

Fig. 65 *b*)



Resultado: 39,4

(3) ¿Qué tensión de reja precisa la válvula triodo del circuito de la figura 65, para que desde una situación en la que $V_g = -2{,}4$ V y $V_a = 77$ V, pase a otra en la que $V_a = 103$ V? El factor de amplificación de la válvula es 64.

Resultado: −2,8 V

(4) **(Resuelto)**

Utilizando el gráfico de la figura 66, averiguar la resistencia interna de la válvula EC 92, para una tensión constante de rejilla de −1,6 V.

Solución

Se comienza trazando una vertical al eje de abcisas, por el punto de tensión que corresponde con la tensión de V_g dada. Dicha recta cortará a las curvas V_a constante, en unas corrientes determinadas, por ejemplo:

$V_a = 170$ V e $I_a = 5{,}6$ mA

$V_a = 200$ V e $I_a = 7{,}7$ mA

Aplicando la fórmula de la resistencia interna:

$$R_i = \frac{\text{Variación de la tensión de ánodo}}{\text{Variación de la corriente de ánodo}}$$

$$R_i = \frac{200 - 170}{7,7 - 5,6} = \frac{30}{2,1} = 14.300 \text{ ohmios}$$

Resultado: 14.300 ohmios

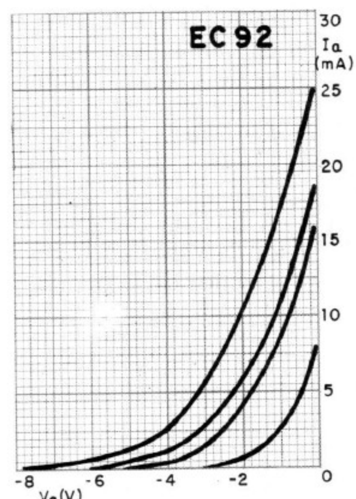
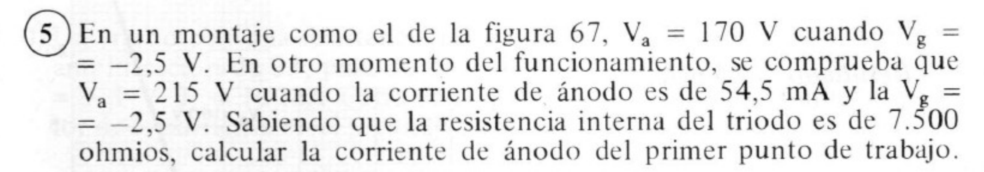


Fig. 66

(5) En un montaje como el de la figura 67, V_a = 170 V cuando V_g = = –2,5 V. En otro momento del funcionamiento, se comprueba que V_a = 215 V cuando la corriente de ánodo es de 54,5 mA y la V_g = = –2,5 V. Sabiendo que la resistencia interna del triodo es de 7.500 ohmios, calcular la corriente de ánodo del primer punto de trabajo.



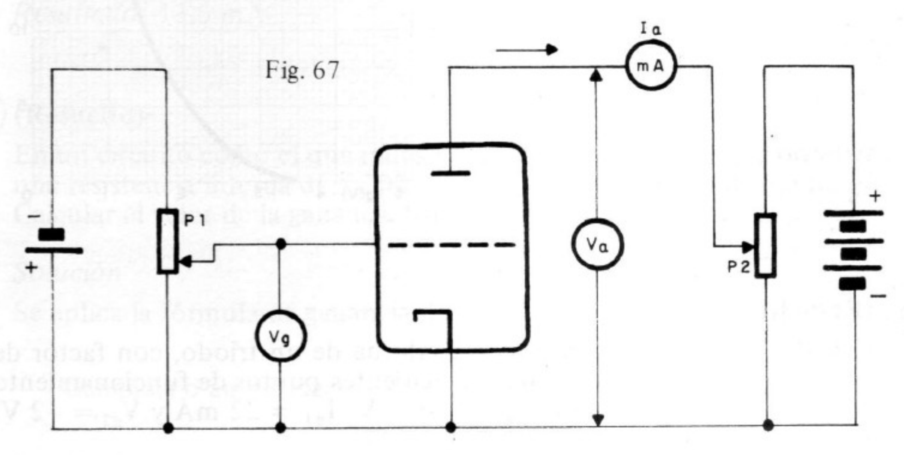


Fig. 67

MONTAJE PARA OBTENER LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE UN TRIODO

Resultado: 48,5 mA

(6) La resistencia de una válvula triodo es 11.200 ohmios y se encuentra incluida en un circuito como el de la figura 65, en el que la resistencia de carga tiene un valor de 5.100 ohmios y la tensión de alimentación es de 190 V. Calcular los voltajes en la válvula y en la resistencia.

Resultado: 59,4 V y 130,6 V

(7) A la vista del gráfico de la figura 68, que refleja la curva característica de la válvula EC 88, para una tensión de ánodo constante, determinar el valor de la pendiente S en el tramo más lineal de dicha curva.

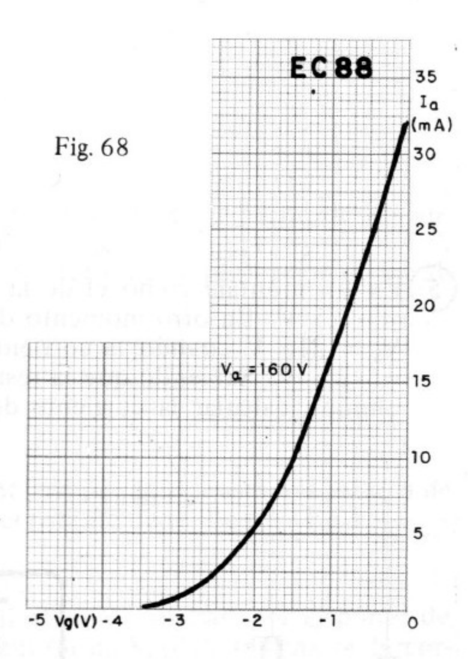


Fig. 68

Resultado: 11,5 mA/V

(8) **(Resuelto)**

Calcular el valor de la resistencia interna de un triodo, con factor de amplificación 51 y que tiene los siguientes puntos de funcionamiento en su curva característica: $V_{g1} = -0,5$ V; $I_{a1} = 22$ mA y $V_{g2} = -2$ V; $I_{a2} = 7$ mA

Solución

Se comienza averiguando la pendiente del triodo, usando la fórmula:

$$S = \frac{\text{Variación de la } I_a}{\text{Variación de la } V_g} = \frac{22 - 7}{2 - 0{,}5} = \frac{15}{1{,}5} = 10 \text{ mA/V}$$

De la fórmula $\mu = R_i \cdot S$, se despeja la R_i

$$R_i = \frac{\mu}{S} = \frac{51}{0{,}01 \text{ A/V}} = 5.100 \text{ ohmios}$$

Resultado: 5.100 ohmios

(9) Calcular la pendiente de una válvula, de la que se conocen los siguientes puntos de funcionamiento: $V_{a1} = 74$ V; $V_{g1} = -0{,}4$ V y $V_{a2} = 110$ V; $V_{g2} = -1{,}2$ V.
La resistencia interna de la válvula es 7.100 ohmios.

Resultado: 6,43 mA/V

(10) Un triodo con una resistencia interna de 4.700 ohmios y un factor de amplificación de 33, pasa de una situación de funcionamiento: $V_{g1} = -1$ V; $I_a = 10$ mA a otra en la que $V_{g2} = -0{,}5$ V. Determinar el valor de la corriente en el segundo punto de trabajo.

Resultado: 13,5 mA

(11) **(Resuelto)**
En un circuito como el que muestra la figura 69, la válvula triodo tiene una resistencia interna de 5.200 ohmios y una pendiente de 6,6 mA/V. Calcular el valor de la ganancia total del mencionado circuito.

Solución
Se aplica la fórmula de ganancia de un circuito:

$$\text{Ganancia o amplificación} = \frac{R_c}{R_c + R_i} \cdot \mu$$

Se calcula μ sabiendo que es igual a $R_i \cdot S$.

$$\mu = R_i \cdot S = 5.200 \cdot 0{,}0066 \text{ A/V} = 34{,}32$$

Ahora ya se podrá determinar la ganancia del circuito.

$$\text{Ganancia} = \frac{R_c}{R_c + R_i} \cdot \mu = \frac{5.200}{5.200 + 7.300} \cdot 34{,}32 = 14{,}3$$

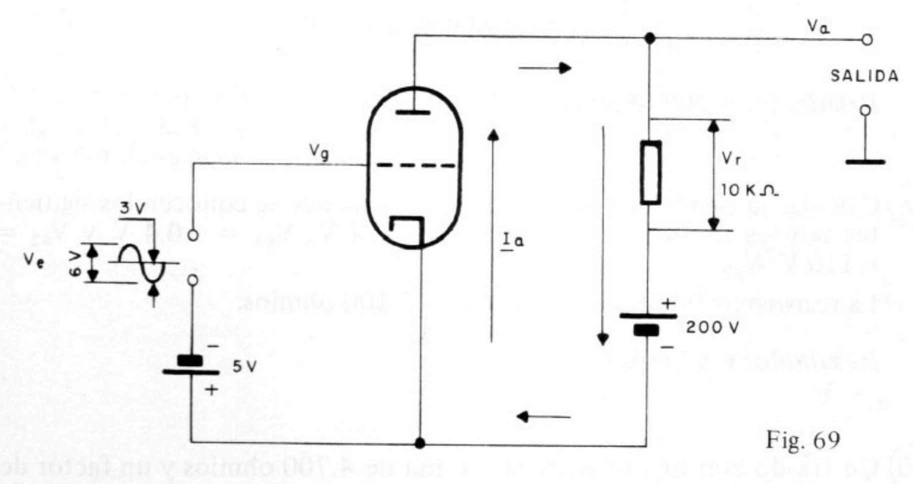


Fig. 69

Resultado: 14,3

(12) En un circuito similar al de la figura 69, el triodo tiene una R_i = = 6.400 ohmios y un $\mu = 39{,}4$. Determinar el valor de la resistencia de carga, para que la ganancia del circuito amplificador sea 20.

Resultado: 6.600 ohmios

(13) Hallar el valor de la resistencia de carga de un circuito como el de la figura 69, si cuando se aplica a la reja del triodo una tensión de −2,2 V, circula una corriente de 17,8 mA. La válvula tiene una $R_i = 5.000$ ohmios y $\mu = 31$.

Resultado: 1.170 ohmios

(14) Una válvula como la del circuito de la figura 69, tiene una $R_i = 11.500$ ohmios y una $\mu = 66$. Calcular el valor de la resistencia de carga, para

que cuando se aplica a la rejilla una tensión de –3 V, exista en dicha resistencia una caída de tensión de 46 V.

Resultado: 3.480 ohmios

(15) Averiguar la tensión de rejilla que hay que aplicar a una válvula con una $\mu = 29{,}4$ y una $R_i = 3.300$ ohmios, para que se produzca una caída de tensión de 19 V en la resistencia de carga, que tiene el valor 5.200 ohmios.

Resultado: –1 V

(16) Hallar el factor de amplificación de un triodo para un circuito amplificador de una etapa con una ganancia de 25, siendo $R_i = 9.100$ ohmios y la resistencia de carga con un valor de 8.900 ohmios.

Resultado: 50,56

(17) **(Resuelto)**

En un circuito como el de la figura 70, el triodo presenta una resistencia interna de 6.200 ohmios y la resistencia de carga tiene un valor de 2.000 ohmios. Determinar el valor de la resistencia de cátodo R_k para conseguir una polarización de cátodo de 4 V. La tensión de alimentación del circuito es de 175 V.

Solución

Se comienza hallando la corriente que pasa por el ánodo del triodo

$$I_a = \frac{V_{cc}}{R_i + R_c}$$

Se supone despreciable el valor de R_k frente a las otras 2 resistencias del circuito (R_i y R_c).

$$I_a = \frac{175}{6.200 + 2.000} = 21{,}34 \text{ mA}$$

Aplicando la ley de Ohm en R_k se averigua su valor:

$$R_k = V_k / I_a = 4 \text{ V}/21{,}34 \text{ mA} = 187 \text{ ohmios}$$

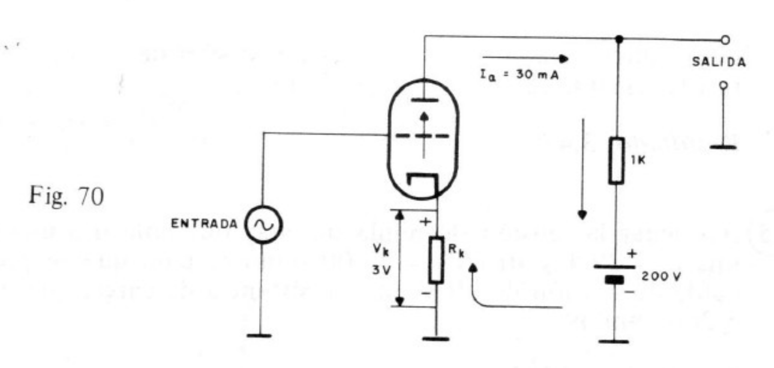


Fig. 70

Resultado: 187 ohmios

(18) Determinar la tensión de polarización de cátodo que hay en el circuito del problema anterior, en el que el factor de amplificación de la válvula es 33 y la pendiente de la misma, en la zona de trabajo, es de 7,4 mA/V. La tensión de alimentación es de 225 V, la resistencia de carga de 4.700 ohmios y la de cátodo un valor de 210 ohmios.

Resultado: 5 V

(19) Calcular el valor del condensador de la resistencia de cátodo del problema anterior, suponiendo que el circuito trabaja a una frecuencia de 1.000 Hz.

Resultado: 7,6 microfaradios

(20) En la reparación de un amplificador como el estudiado, se debe sustituir su resistencia de cátodo, pero se desconoce su valor. Determinar el valor de dicha resistencia sabiendo que el condensador que tiene en paralelo es de 470 kpF.

Resultado: 3.390 ohmios

(21) Un amplificador semejante al de los problemas anteriores, posee las siguientes características: R_i = 5.000 ohmios, R_c = 9.100 ohmios. V_{cc} = 270 V y V_k = 3,5 V. Calcular el condensador de desacoplo para la resistencia de cátodo.

Resultado: 8,7 microfaradios

(22) **(Resuelto)**

En un amplificador como el de la figura 71, se dispone de una tensión de alimentación de 190 V y la válvula trabaja en el siguiente punto: $V_a = 90$ V, $I_a = 32{,}5$ mA, $V_k = 6$ V, siendo la corriente que circula por R_g de 90 microamperios, cuando se aplica a la entrada una tensión de pico de $-2{,}5$ V. Calcular el valor de las resistencias del circuito y el del condensador C_k para una frecuencia de 1.000 Hz.

Solución

La resistencia R_g se calcula directamente aplicando la ley de Ohm.

$$R_g = \frac{V_g}{I_g} = \frac{-2{,}5}{0{,}00009} = 27.800 \text{ ohmios}$$

Para calcular el valor de la R_k se tiene en cuenta que:

$$V_k = I_a \cdot R_k ; \quad R_k = \frac{V_k}{I_a} = \frac{6}{0{,}0325} = 184{,}6 \text{ ohmios}$$

El criterio para averiguar el valor de C_k es hacer que su X_c valga la décima parte del valor de R_k.

$$C_k = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1.000 \cdot 18{,}46} = 8{,}6 \text{ microfaradios}$$

El valor de la resistencia de carga se halla:

$$R_c = \frac{\text{Tensión en } R_c}{\text{Corriente en } R_c} = \frac{V_{cc} - V_a}{I_a} = \frac{190 - 90}{0{,}0325} = 3.077$$

Fig. 71

Resultado: $R_k = 184{,}6$ ohmios $C_k = 8{,}6$ microfaradios

$R_g = 27.800$ ohmios $R_c = 3.077$ ohmios

(23) Se dispone de un amplificador como el de la figura 71, en donde el triodo tiene una $\mu = 35$ y una S = 12 mA/V, siendo la resistencia de carga de 5.300 ohmios y la tensión de alimentación de 168 V. Calcular el valor de la resistencia de cátodo, para que la tensión en la misma sea de 3,2 V.

Resultado: 160 ohmios

(24) A la entrada del circuito de la figura 72, se aplica una tensión de entrada de –3 V y 500 Hz, siendo C = 470 pF y R_{g2} = 4.000 ohmios. Averiguar la tensión existente en la reja del triodo.

Resultado: –2,56 V

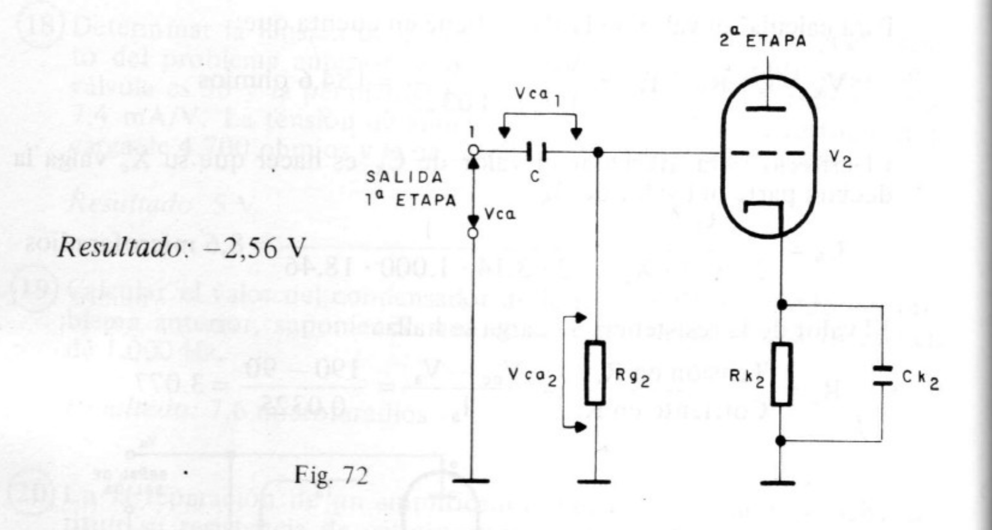


Fig. 72

(25) Calcular el valor de la capacidad del circuito de la figura 72, si se desea que existe en la rejilla del triodo una tensión de –4 V, cuando se aplique a la entrada –5,2 V, trabajando a una frecuencia de 1.500 Hz. El valor de la resistencia de rejilla es 12.000 ohmios.

Resultado: 29,5 kpF

(26) El pentodo de la figura 73 tiene una resistencia interna de 26.000 ohmios. Determinar el valor de la impedancia primaria del transformador si con una tensión de alimentación de 250 V hay 32 V en la carga

mencionada. Se supone despreciable el valor de la resistencia de cátodo frente al resto de las resistencias.

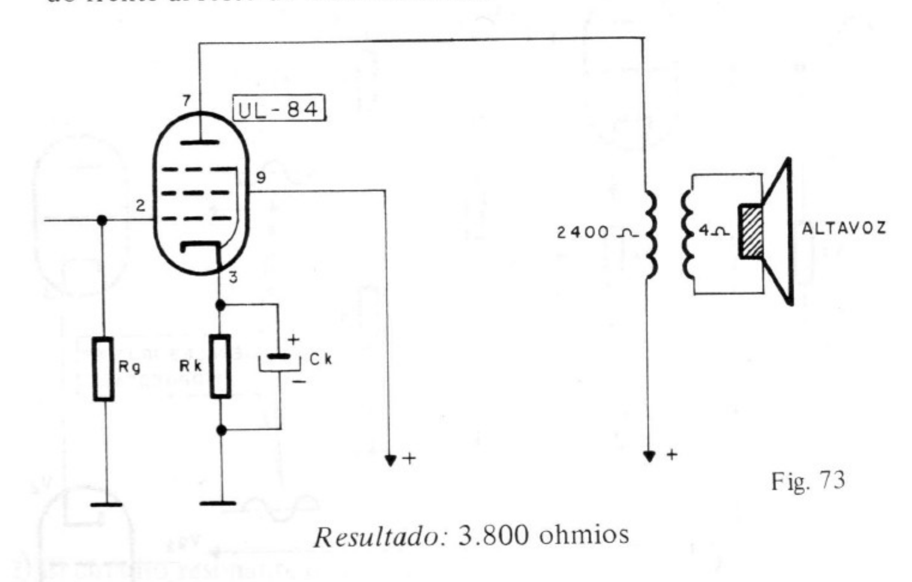


Fig. 73

Resultado: 3.800 ohmios

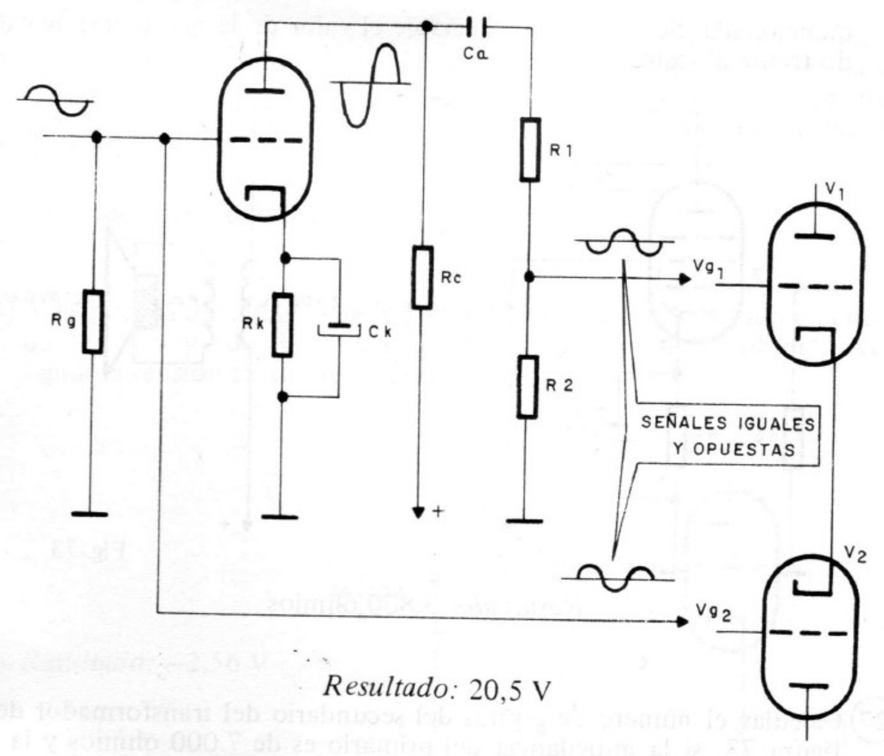
(27) Calcular el número de espiras del secundario del transformador de la figura 73, si la impedancia del primario es de 7.000 ohmios y la del secundario de 16. El número de espiras del primario es 2.300.

Resultado: 110

(28) En el circuito de la figura 73 determinar el valor de la resistencia y el condensador de cátodo, para que exista una tensión de polarización del cátodo de 7 V, con una tensión de alimentación de 100 V y una R_c (impedancia del primario) de 3.300 ohmios. La R_i de la válvula es de 8.800 ohmios.

Resultado: 911 ohmios y 1,7 μF

(29) En el circuito de la figura 74 se aplican 2 V a la rejilla, con una frecuencia de 2.500 Hz. Hallar la relación de tensión en voltios que se produce entre extremos de R_1 y R_2, de 30.000 ohmios cada una, siendo C_a = 2,3 kpF y la $\mu = 30$. Se suponen despreciables R_k y C_k frente a R_c y R_i.



Resultado: 20,5 V

Fig. 74

(30) Determinar el punto de trabajo Q del triodo de la figura 74, teniendo en cuenta que Rc = 4.300 ohmios, R_k = 250 ohmios, S = 9,7 mA/V, la tensión de alimentación es de 120 V y la de la rejilla –2,3 V.

Resultado: 18,5 V y 22,3 mA

(31) **(Resuelto)**

Calcular el valor de la frecuencia de resonancia en un circuito como el de la figura 75, en el que la autoinducción de la bobina tiene un valor de 43 mH y la capacidad del condensador es de 470 kpF.

Solución

El fenómeno de la resonancia se produce cuando $X_C = X_L$, de donde se obtiene el valor de la frecuencia de resonancia Fo.

$$F_o = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 3{,}14} \cdot \frac{1}{\sqrt{0{,}043\ H \cdot 470 \cdot 10^{-9}}} = 1.120\ Hz$$

Resultado: 1.120 Hz

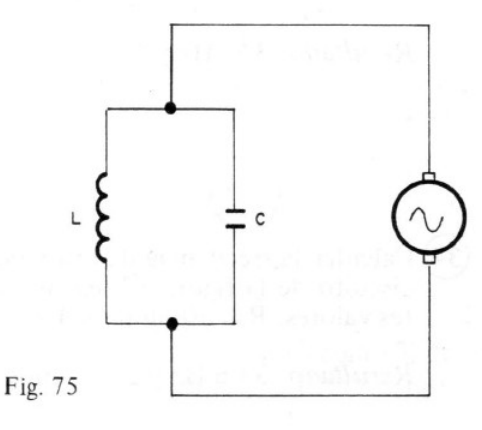


Fig. 75

(32) El circuito resonante de la figura 76 tiene una frecuencia de resonancia de 20.000 Hz; si la autoinducción tiene 470 mH, averiguar el valor del condensador.

Resultado: 135 pF

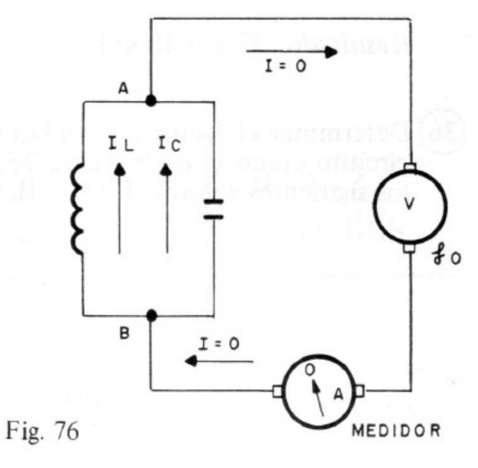


Fig. 76

(33) La tensión de alimentación del circuito mostrado en la figura 77 es de 100 V, L = 42 mH, C = 6 μF y R = 20 ohmios. ¿Cuál es la frecuencia

de resonancia del circuito y el valor de la corriente que circula para la misma?

Resultado: 317 Hz y 5 A

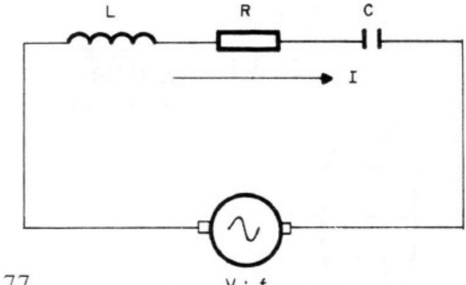


Fig. 77

(34) Calcular la frecuencia de resonancia y la impedancia para la misma, del circuito de la figura 77, en donde los componentes tienen los siguientes valores: R = 50 ohmios, L = 750 mH y C = 30 μF.

Resultado: 33,6 Hz y 50 ohmios

(35) El condensador del circuito de la figura 77 es variable. Determinar entre qué dos valores deberá variar el mismo, para que resuene en todas las frecuencias comprendidas entre los 2 kHz y los 15 kHz. L = 233 mH y R = 25 ohmios.

Resultado: 27 y 0,48 kpF

(36) Determinar el factor de calidad Q y la frecuencia de resonancia de un circuito como el de la figura 78, en el que sus componentes presentan los siguientes valores: L = 1,2 H, C = 6,5 μF y R = 5 ohmios.

Resultado: 30.760 y 20,4 Hz

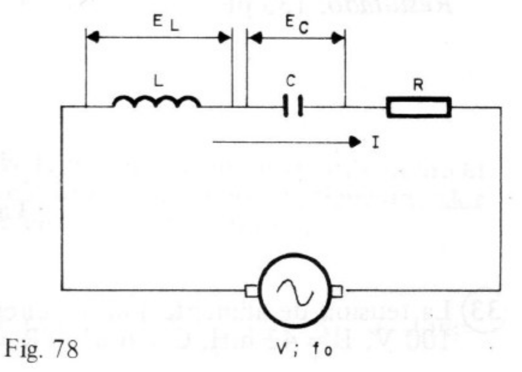


Fig. 78

(37) Si el factor de calidad del circuito representado en la figura 79 tiene un valor de 250, averiguar el valor de la resistencia si la frecuencia de resonancia del circuito es de 2.000 Hz y la capacidad es de 55 pF.

Resultado: 5.787 ohmios

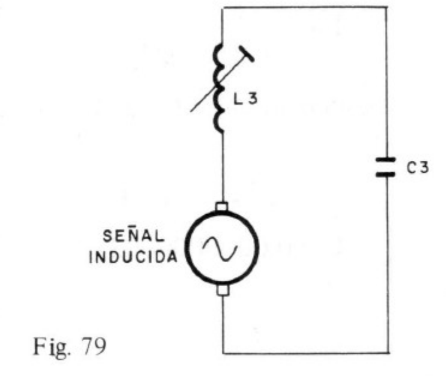


Fig. 79

(38) Hallar el valor de la frecuencia de resonancia de un circuito como el de la figura 79, en el que la resistencia es de 30 ohmios, el condensador de 220 kpF y el factor de calidad de 75.

Resultado: 321,5 Hz

TEMA 5. Osciladores y receptores superheterodino con válvulas

Documentación teórica

Lecciones dedicadas a los osciladores y al receptor de radio superheterodino de ELECTRONICA FUNDAMENTAL, tomo 4.

(1) **(Resuelto)**

El oscilador de la figura 80 oscila a la frecuencia de una determinada emisora de radio de 96,4 kHz, usando una bobina dd 12,3 mH. Calcular el valor de la capacidad.

Solución

La frecuencia de oscilación de un oscilador, viene dada por:

$$F_o = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Despejando el valor de C, queda:

$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2} \cdot \frac{1}{L \cdot F_o^2} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14^2 \cdot 0{,}0123 \cdot (96.400)^2}$$

$$C = 0{,}000000000221 \text{ F} = 221 \text{ pF}$$

Resultado: 221 pF

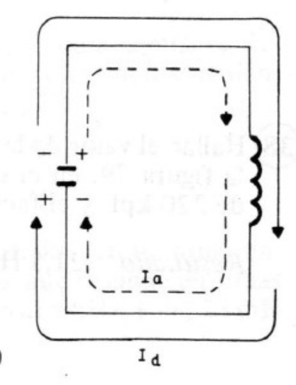


Fig. 80

(2) El condensador de un circuito como el de la figura 80 es variable y la bobina tiene un valor de 0,58 μH. ¿Cuál será la capacidad máxima y mínima del condensador para que pueda resonar a todas las frecuencias comprendidas entre los 560 kHz y los 1.600 kHz, utilizadas por la Radiodifusión comercial en onda Media.

Resultado: 139 y 17 kpF

(3) **(Resuelto)**

El oscilador Armstrong mostrado en la figura 81 posee los siguientes valores: $L_1 = 25$ μH, $C_1 = 47$ nF, $C_2 = 3$ pF y $R_1 = 0{,}27$ Mohmios. Calcular:

a) La frecuencia de oscilación del oscilador.
b) Suponiendo una tensión de −3 V en extremos de C_1 ¿qué tensión hay aplicada entre la reja y el cátodo de la válvula?

Solución

La frecuencia de oscilación del circuito tanque, se obtiene aplicando la fórmula general:

$$F_o = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}}$$

$$F_o = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14} \cdot \frac{1}{\sqrt{25 \cdot 10^{-6} \cdot 47 \cdot 10^{-9}}} = 147.000 \text{ Hz}$$

La tensión aplicada entre la reja y el cátodo de la válvula será la que haya entre bornes de la resistencia R_1:

$$V_{gk} = V_{R1} = \frac{-3V}{\sqrt{R_1^2 + X_{C2}^2}} \cdot R_1 = \frac{-3}{Z} \cdot R_1$$

$$X_{C2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot F_o \cdot C_2} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 147 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = 361 \text{ kohmios}$$

$$V_{gk} = \frac{-3}{\sqrt{(0{,}27 \cdot 10^6)^2 + (361 \cdot 10^3)^2}} \cdot 0{,}27 \cdot 10^6 = -1{,}8 \text{ V}$$

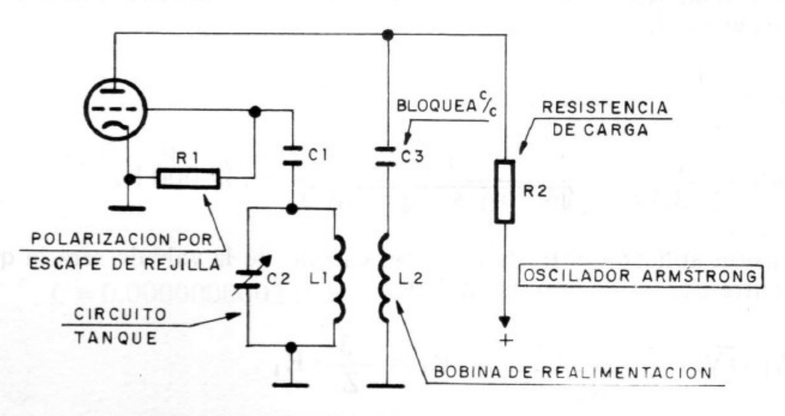
Fig. 81

Resultado: 147 kHz y –1,8 V

(4) Un oscilador Armstrog como el de la figura 82 a 450 kHz y posee los siguientes componentes: $C_2 = 33$ kpF y $C_1 = 5$ pF. Determinar:

a) El valor de L_1.

b) El valor de R_1 cuando el circuito resonante tenga entre sus extremos una tensión de –4,2 V y la tensión V_{gk} sea de 2 V.



Resultado: 3,8 μH y 38,3 kohmios

Fig. 82

(5) La frecuencia de oscilación del oscilador de la figura 82 es de 12 kHz. Calcular el valor de C_2 si L_1 es de 1,5 mH. Averiguar, igualmente, la tensión de pico del circuito tanque si la tensión máxima en la rejilla es de –3,5 V. También se conoce que C_1 = 1,2 kpF y R_1 = 5.300 ohmios.

Resultado: 117 kpF y –8 V

(6) Hallar la frecuencia de oscilación del oscilador Colpitts mostrado en la figura 83, teniendo en cuenta los siguientes valores del circuito: C_1 = = 35 pF, C_2 = 20 pF y L_1 = 70 μH.

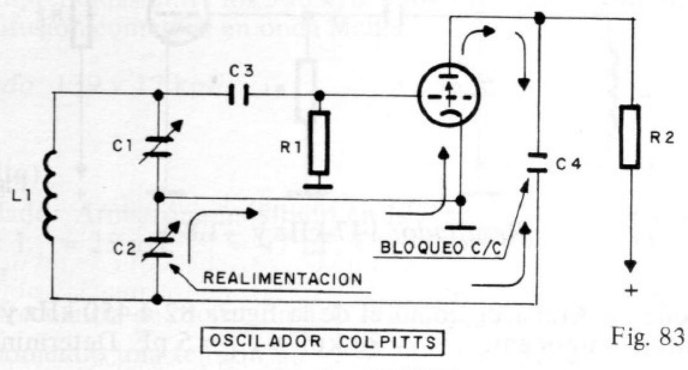


Fig. 83

Resultado: 5,3 MHz

(7) En el oscilador de la figura 83, $C_1 = 3$ kpF y $C_2 = 3{,}3$ kpF. Calcular el valor de la bobina L_1 para que el circuito oscile a una frecuencia de 73 kHz.

Resultado: 3 mH

(8) Averiguar la frecuencia de oscilación de un oscilador por desplazamiento de fase como el de la figura 84, en el que $R_c = 30$ kohmios, R = 126 Mohmios y C = 160 microfaradios.

Resultado: 51,7 kHz

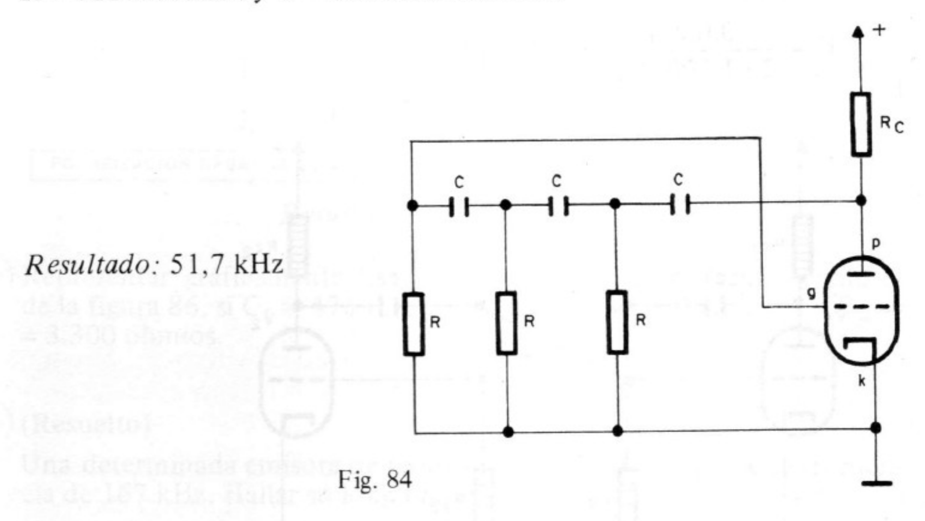


Fig. 84

(9) Determinar la capacidad que deberá tener cada uno de los condensadores de las redes R-C del oscilador de la figura 84, para que oscile a una frecuencia de 100 kHz, si el valor de R es de 150 Mohmios.

Resultado: 260 microfaradios

(10) **(Resuelto)**

En el circuito de la figura 85, el tiempo de conducción de la válvula V_1 es el de la descarga del condensador C_2 y el de V_2 el correspondiente a C_1. Determinar los valores de C_1 y C_2 para que se produzca en la placa de V_2 una onda cuadrada de 1.200 Hz de frecuencia, sabiendo que $R_{g1} = R_{g2} = 1{,}2$ Megaohmios.

Nota: Se supone que el tiempo de descarga de los condensadores viene dado por $t = 2 \cdot R \cdot C$.

Solución

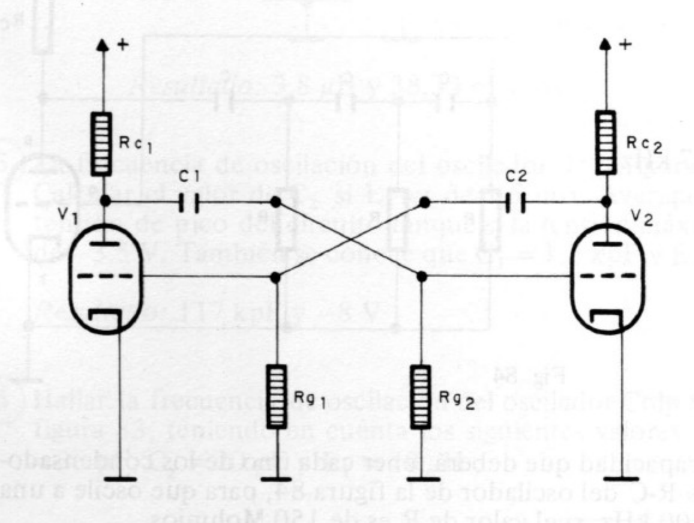
La onda cuadrada se produce por un semiperíodo de conducción de V_1 y otro de V_2, por lo que el tiempo de descarga de los condensadores deberá ser igual a la mitad del período de la onda.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.200} = 0{,}0008 \text{ segundos}$$

$$t = T/2 = 0{,}0008/2 = 0{,}0004 \text{ segundos}$$

$$t = 0{,}0004 = 2 \cdot R \cdot C = 2 \cdot 1.200.000 \cdot C$$

$$C = \frac{0{,}0004}{2 \cdot 1.200.000} = 0{,}17 \text{ kpF}$$



Resultado: 0,17 kpF

Fig. 85

(11) Calcular la frecuencia existente en la placa de V_2 del circuito de la figura 85 si $C_1 = 20$ kpF, $C_2 = 40$ kpF, $R_{g1} = R_{g2} = 0{,}5$ Mohmios.

Resultado: 16,7 Hz

(12) En el circuito de la figura 86 sale una onda cuadrada de frecuencia 10 kHz. Determinar el valor que deberán tener $R_{g1} = R_{g2}$, teniendo en cuenta que $C_1 = C_2 = 33$ kpF.

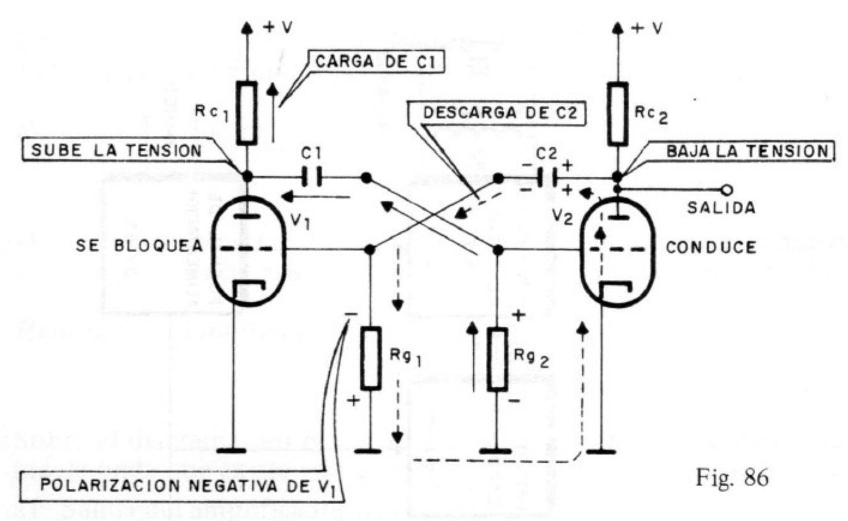


Fig. 86

Resultado: 1.515 ohmios

(13) Representar gráficamente la tensión de salida de un circuito como el de la figura 86, si $C_1 = 47$ nF, $C_2 = 30$ nF, $R_{g1} = 5.600$ ohmios y $R_{g2} = 3.300$ ohmios.

(14) **(Resuelto)**

Una determinada emisora de radio emite en Onda Larga a una frecuencia de 167 kHz. Hallar su longitud de onda.

Solución

Se aplica directamente la fórmula de la longitud de onda λ

$$\lambda = \frac{300.000.000 \text{ m/s}}{\text{f (Hz)}}$$

$$\lambda = \frac{300.000.000 \text{ m/s}}{167.000 \text{ Hz}} = 1.796 \text{ m}$$

Resultado: 1.796 m

(15) Averiguar la frecuencia a que transmitirá una emisora de F.M. cuya longitud de onda es de 3 metros.

Resultado: 101 MHz

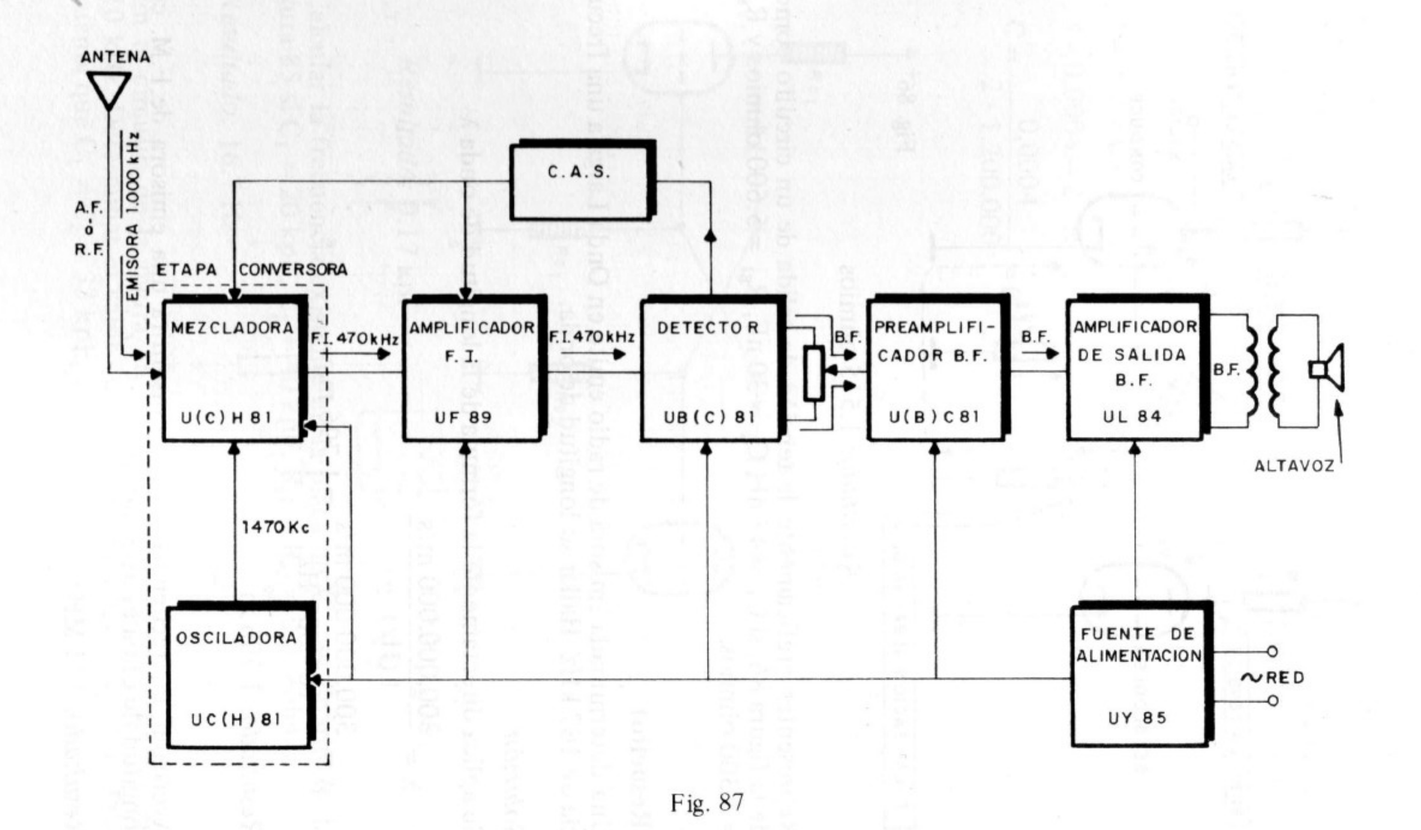

ANTENA
A.F. ó R.F.
EMISORA 1.000 kHz
ETAPA CONVERSORA
MEZCLADORA
U(C)H 81
1470 Kc
OSCILADORA
UC(H)81
F.I. 470 kHz
AMPLIFICADOR
F.I.
UF 89
C.A.S.
F.I. 470 kHz
DETECTOR
UB(C) 81
B.F.
PREAMPLIFI-CADOR B.F.
U(B)C81
B.F.
AMPLIFICADOR
DE SALIDA
B.F.
UL 84
B.F.
ALTAVOZ
FUENTE DE
ALIMENTACION
UY 85
~RED

Fig. 87

(16) Determinar en metros la longitud que recorrerá una emisión de radio en un tiempo de 5 microsegundos.

Resultado: 1.500 m

(17) Desde una estación espacial situada a 75 millones de kilómetros, se envía una señal de radio. Calcular el tiempo que se tarda en recibirla.

Resultado: 4 minutos y 10 segundos

(18) Sobre el diagrama por bloques mostrado en la figura 87, indicar la forma de onda que existe en los siguientes puntos:

a) Salida del amplificador de F.I.

b) Salida del circuito detector.

c) Salida del preamplificador de B.F.

(19) A la entrada de la válvula UF-89 del circuito mostrado en la figura 88 se aplica una tensión de 3,7 V de pico y 470 kHz. Calcular la tensión de pico existente entre los electrodos de la válvula, si la R_i de la misma es de 4.700 ohmios y la pendiente de 6 mA/V.

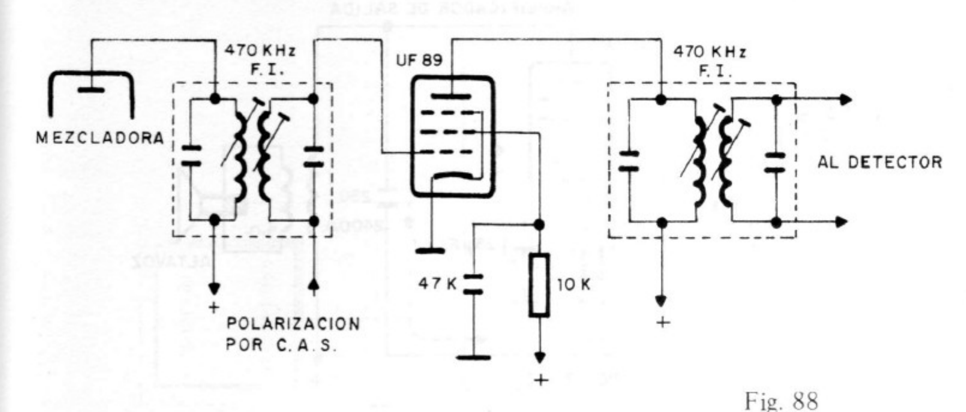


Fig. 88

Resultado: 104 V

(20) Se ha de sustituir el condensador del circuito resonante del detector de la figura 89, del que se desconoce su valor; averiguar el mismo sabiendo que la bobina ajustable presenta un valor de 17 microH.

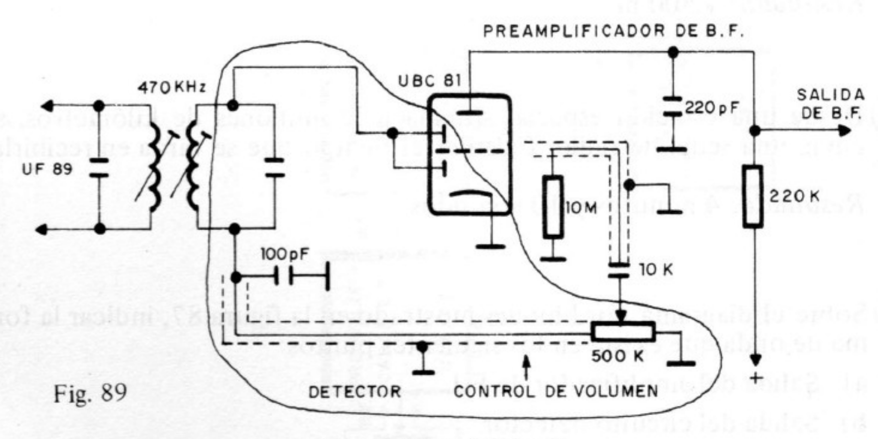


Fig. 89

Resultado: 6,7 kpF

(21) A la entrada del amplificador de potencia mostrado en la figura 90 hay una tensión de pico a pico de 7 V. Calcular la tensión en la reja, sabiendo que la frecuencia de trabajo es de 1.000 Hz y que hay dos resistencias que actúan como resistencia de reja.

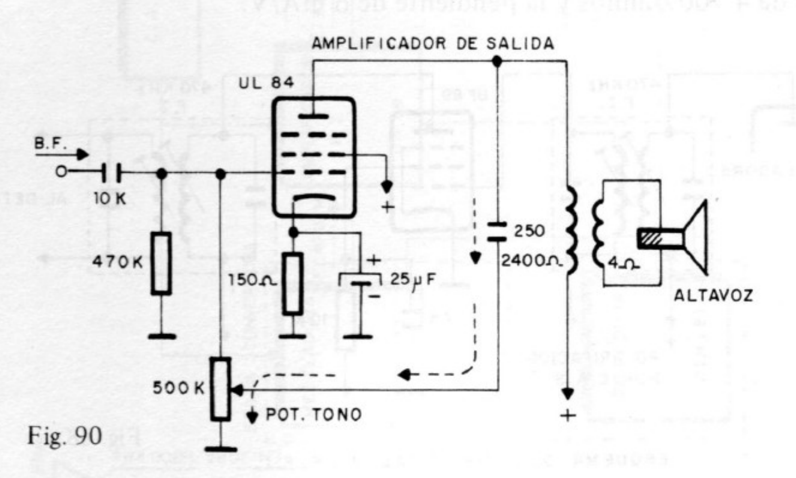


Fig. 90

Resultado: 6,57 V_{pp}

(22) Determinar la tensión de pico a pico que existe entre placa y masa en la UL-84 del circuito de la figura 90, para que en la bobina del altavoz se disipe una potencia de 5 W. La frecuencia de trabajo es de 1.000 Hz.

Resultado: 309 V

(23) Determinar la frecuencia para la que se ha diseñado el condensador de cátodo del circuito de la figura 90.

Resultado: 424 Hz

(24) Calcular la potencia que disipa el altavoz del circuito de la figura 90, si entre la placa y masa de la válvula existe una tensión de pico a pico de 98 V. Se supone despreciable la impedancia de la fuente de alimentación para las señales de audio.

Resultado: 0,5 W

(25) El transformador del circuito de acoplo de la figura 89 tiene una relación de transformación de 2. Averiguar el valor de la L y la C del circuito resonante secundario, sabiendo que la bobina del primario tiene una autoinducción de 28 microhenrios.

Resultado: 7 microH y 16 kpF

Tercera parte

ELECTRONICA CON SEMICONDUCTORES

Documentación teórica

Para resolver los problemas que componen esta parte, se recomienda consultar los temas teóricos dedicados a: Semiconductores intrínsecos y extrínsecos; Diodos; Transistores; Rectificadores, Amplificadores y Osciladores transistorizados; Fuentes de alimentación estabilizadas y Semiconductores especiales, que se pueden encontrar en el tomo 5 de la colección ELECTRONICA FUNDAMENTAL, dedicado a los semiconductores.

TEMA 1. Elementos semiconductores

(1) **(Resuelto)**

Un "dado" de semiconductor intrínseco de silicio, de forma cúbica de 1,5 mm de arista, se conecta en un circuito a una tensión de 0,5 V. Determinar la corriente que pasa por el dado, sabiendo que la resistividad del Si es 1.000 ohm · mm²/m.

Solución

El semiconductor en forma de dado o cubo, se comporta igual que una resistencia, de la que se comienza averiguando su valor.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 1.000 \cdot \frac{1,5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}}{1,5 \cdot 1,5\ \text{mm}^2} = 0,67\ \text{ohmios}$$

Conocida la resistencia del dado se aplica la ley de Ohm para determinar la corriente que circula por él.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{0,5}{0,67} = 0,75\ \text{A} = 750\ \text{mA}$$

Resultado: 750 mA

(2) **(Resuelto)**

Calcular la sección que deberá tener un dado de semiconductor de germanio, de 1.000 ohm · mm²/m de resistividad, si su longitud es de 5 mm y se desea posea una resistencia total de 1,2 ohmios.

Solución

En este problema se despeja la sección S, de la fórmula general de la resistividad.

$$S = \rho \cdot \frac{L}{R} = 1.100 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 4,58 \text{ mm}^2$$

Resultado: 4,58 mm^2

(3) Averiguar la nueva resistividad de un semiconductor que ha sido dopado, sabiendo que un trozo del mismo de 6 mm de longitud y 3 mm^2 de sección, presenta una resistencia de 0,1 ohmios.

Resultado: 50 ohm · mm^2/m

(4) El dado del semiconductor de silicio, al que se refería el problema número 1, ha sido dopado y su resistividad ha disminuido hasta un valor de 37,5 ohm · mm^2/m. Hallar la corriente que circula por él en las condiciones que se especificaban en aquél problema.

Resultado: 20 A

TEMA 2. La unión P-N o diodo semiconductor

(1) **(Resuelto)**

Indicar sobre el gráfico de la figura 91 el punto de trabajo del diodo mostrado en el circuito de la figura 92, calculando *a*) la tensión y corriente en el diodo y *b*) las condiciones de funcionamiento del mismo.

Solución

Para la determinación del punto de trabajo del diodo, se construye la "recta de carga", semejante a la de los transistores. Para ello se deter-

minan los puntos A y B que son los de cruce de la recta de carga con los ejes.

Punto A: $I_D = 0 \quad V_D = 10$ V

Punto B: $V_D = 0 \quad I_D = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{10}{200} = 0{,}05$ A = 50 mA

Uniendo los puntos A y B se obtiene la recta de carga y el punto de cruce con la curva característica del diodo que proporciona el punto de trabajo. Véase la figura 92-bis.

Como se desprende de la figura 92-bis el punto de trabajo tiene como tensión en el diodo 2 V y como corriente por el mismo 40 mA.

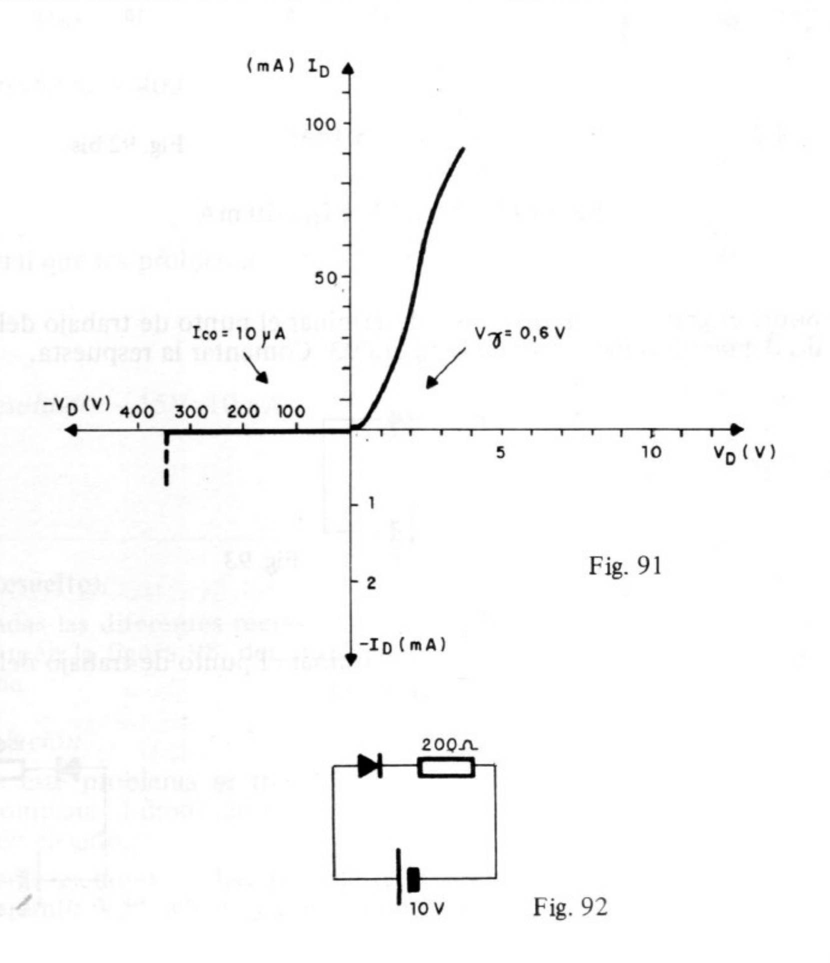


Fig. 91

Fig. 92

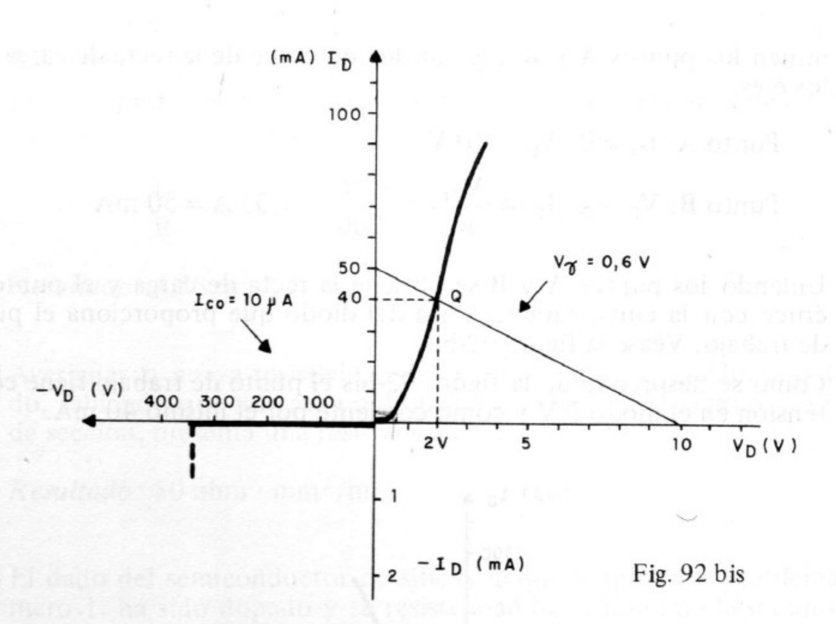


Fig. 92 bis

Resultado: V_D : 2 V e I_D : 40 mA

(2) Sobre el gráfico de la figura 91, determinar el punto de trabajo del diodo del circuito mostrado en la figura 93. Comentar la respuesta.

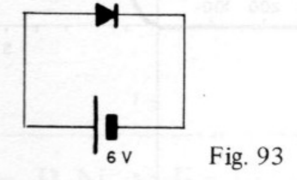


Fig. 93

(3) Sobre el gráfico de la figura 91, determinar el punto de trabajo del diodo del circuito mostrado en la figura 94.

Resultado: 0,5 V; 0 mA

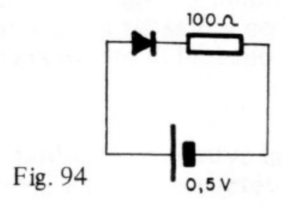


Fig. 94

(4) Igual que los problemas anteriores para el diodo de la figura 95.

Resultado: 0,8 V; 4 mA

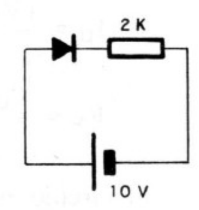


Fig. 95

(5) Igual que los problemas anteriores para el diodo de la figura 96.

Resultado: –400 V; ...

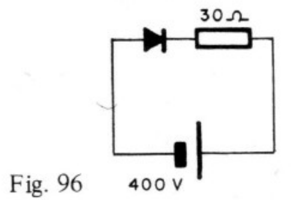


Fig. 96

(6) Igual que los problemas anteriores para el diodo de la figura 97.

Resultado: –15V; 10 μA

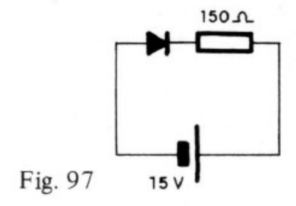


Fig. 97

(7) **(Resuelto)**

Dadas las diferentes rectas de carga y puntos de trabajo que se muestran en la figura 98, determinar para cada caso, el circuito que les origina.

Solución

En este problema se trata de determinar la resistencia de carga que acompaña al diodo en el circuito, para que trabaje en el punto de trabajo elegido.

Como ejemplo se elige la recta de carga que corta al eje de abscisas en el punto V_D = 10 V y al eje de ordenadas en el punto I_D = 40 mA.

De este último punto se deduce que:

$$I_D = \frac{(Vcc - V_D)}{Rc} \quad \text{despejando Rc queda}$$

$$Rc = \frac{Vcc - V_D}{I_D} = \frac{10 - 2}{0{,}04} = 200\ \Omega$$

El circuio que trabaja en esta recta de carga es el de la figura 98-bis.

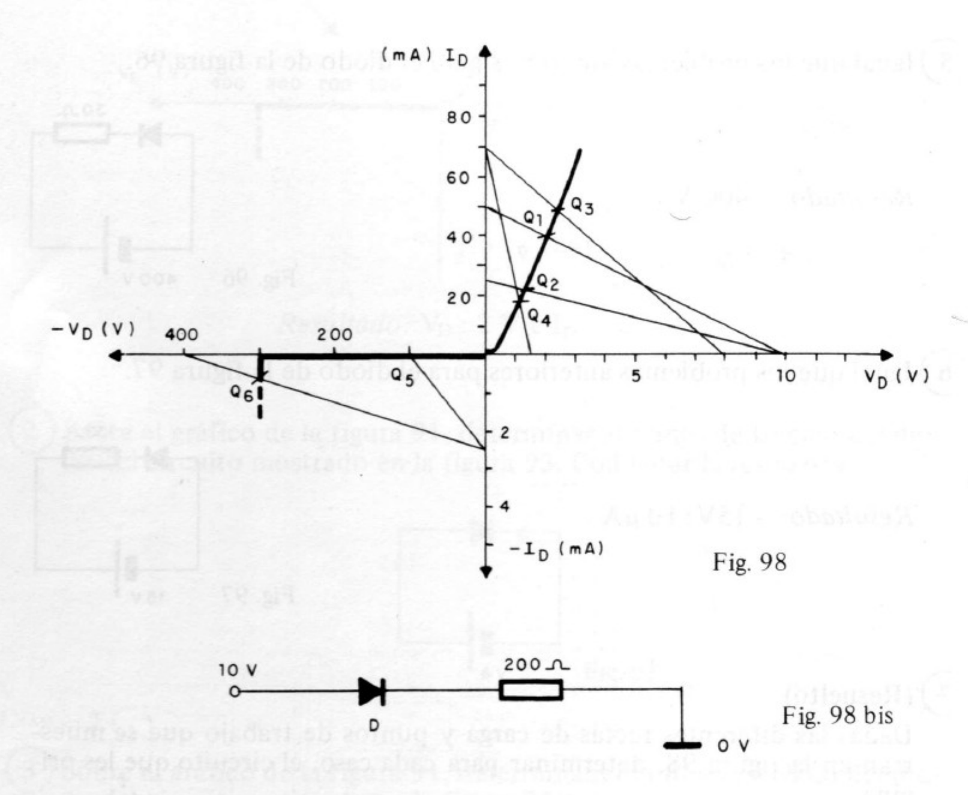


Fig. 98

Fig. 98 bis

Resultado: Q_1 = 10 V; 200 Ω; Q_2 = 10 V; 400 Ω; Q_3 = 8 V; 114 Ω; Q_4 = 1,5 V; 21,4 Ω; Q_5 = 100 $V_{inversa}$; 40 KΩ; y Q_6 = –400 V; 150 KΩ (Destrucción del diodo)

(8) Suponiendo nula la corriente inversa del diodo, determinar con exactitud la forma de onda en la salida del circuito de la figura 99. La tensión de umbral del diodo es despreciable.

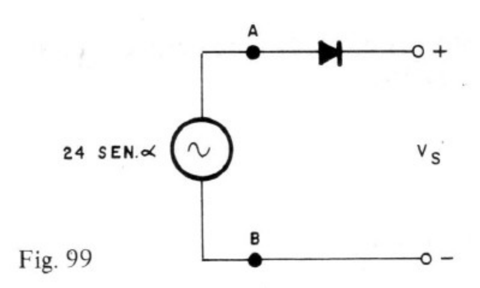


Fig. 99

(9) Calcular la tensión y la corriente del diodo BYX 98 del circuito de la figura 100, cuyas características principales se muestran en la figura 101.

Fig. 100

Fig. 101

Resultado: 2,2 V; 42 A

(10) Igual que el problema anterior pero respecto al diodo colocado en el circuito de la figura 102.

Resultado: 0,9 V; 1,4 A

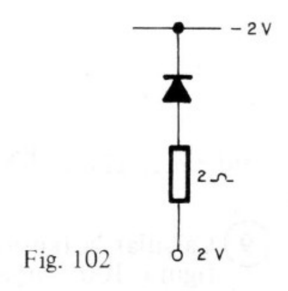


Fig. 102

(11) Idem con respecto al diodo de la figura 103.

Resultado: 1,7 V; 19 A

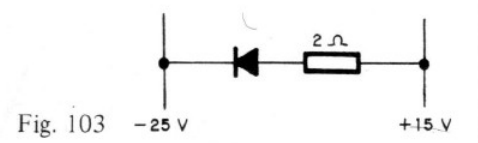


Fig. 103

(12) En el circuito de la figura 104, dibujar la forma de la onda a la salida.

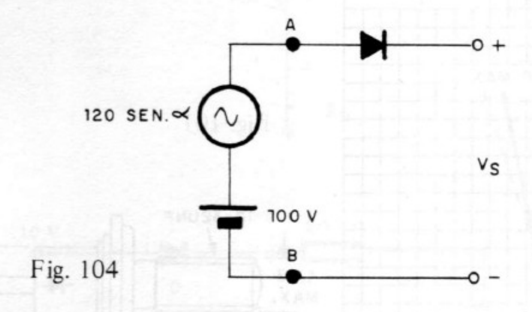


Fig. 104

(13) Calcular la resistencia de carga del circuito de la figura 105, en los 3 casos siguientes en los que se proporciona la tensión de alimentación y la del diodo. Las características del diodo BYX 98 se proporcionan en la figura 106.

a) $V_D = 1{,}1$ V y $Vcc = 6$ V

b) $V_D = 1{,}6$ V y $Vcc = 200$ V

c) $I_D = 160$ A y $Vcc = 110$ V

Fig. 105

Fig. 106

Resultado: a) 0,1 Ω ; b) 1 Ω ; c) 0,68 Ω

(14) Dibujar la forma de la onda de salida en el circuito mostrado en la figura 107.

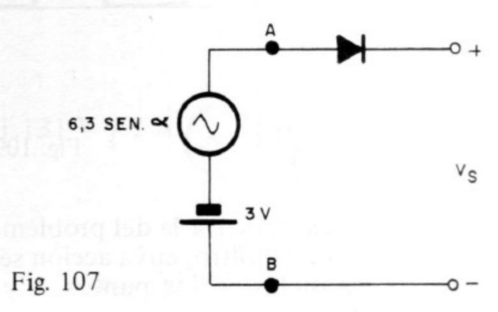


Fig. 107

(15) En un circuito determinado se halla conectado el diodo BYX 98. Calcular la resistencia de carga y el valor de la tensión directa que soporta el diodo, sabiendo que la corriente directa es de 40 A y la tensión de alimentación total es de 12 V.

Resultado: 2 V; 36 A

TEMA 3. Rectificación

(1) **(Resuelto)**

En el circuito rectificador de media onda de la figura 108, dibujar la forma de onda en los puntos A y B, respecto a masa. Se supone despreciable la corriente inversa del diodo y nula su tensión directa.

Solución

El diodo conducirá cuando el punto A sea positivo, o sea, durante los semiciclos positivos de la c.a. de entrada, tal como se muestra en la figura 109.

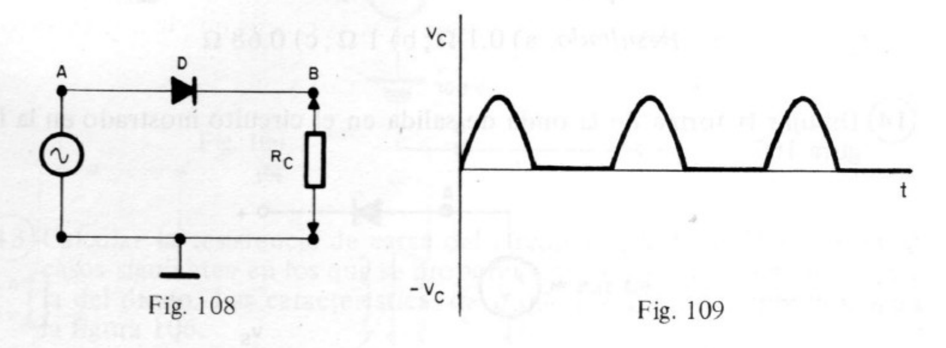


Fig. 108

Fig. 109

(2) El circuito de la figura 110 es similar a la del problema anterior, pero se ha añadido un condensador de filtro, cuya acción se supone perfecta. Dibujar la forma de las ondas en los puntos A y B del circuito.

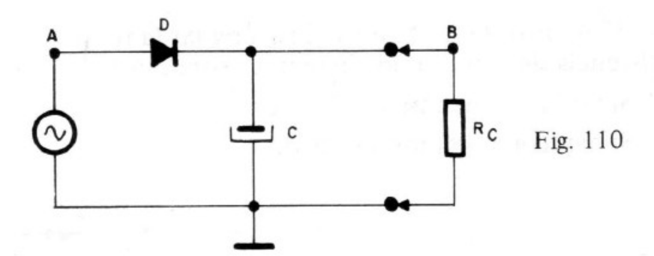


Fig. 110

(3) (Resuelto)

El circuito rectificador de la figura 111, alimenta una carga resistiva de 8 ohmios. Determinar el valor de la tensión primaria para que la carga quede alimentada con una Vcc de 16 V. Calcular también la corriente directa máxima que soportará el diodo.

Solución

Teniendo en cuenta que el diodo debe recibir una Vcc de 16 V y que el circuito lleva un filtro perfecto a condensador, la tensión de pico del secundario del transformador deberá ser de 16 V, por lo que la del primario será:

$$V_{eficaz} = \frac{V_{pico}}{\sqrt{2}} = \frac{16}{1{,}41} = 11{,}3 \text{ V}$$

(secundario)

La tensión eficaz en el primario será:

$$m = 100 = V1/V2; \quad V1 = m \cdot V2 = 100 \cdot 11{,}3 = 1.130 \text{ V}$$

La tensión que circula por el diodo será la misma que la que pase por la carga.

$$I_D = Vcc/Rc = 16/8 = 2A$$

Resultado: 1.131 V y 2 A

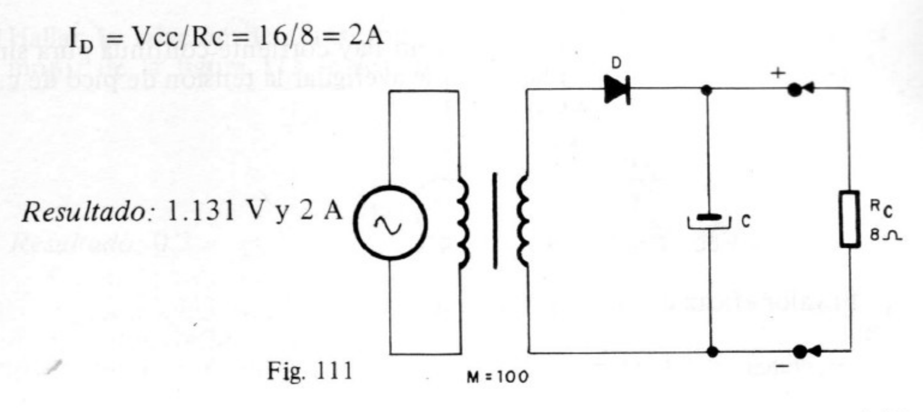


Fig. 111

(4) En el circuito de la figura 112, averiguar la tensión y la corriente en la resistencia de carga en los siguientes supuestos:

a) Si no hay condensador de filtro.

b) Si hay condensador de filtro.

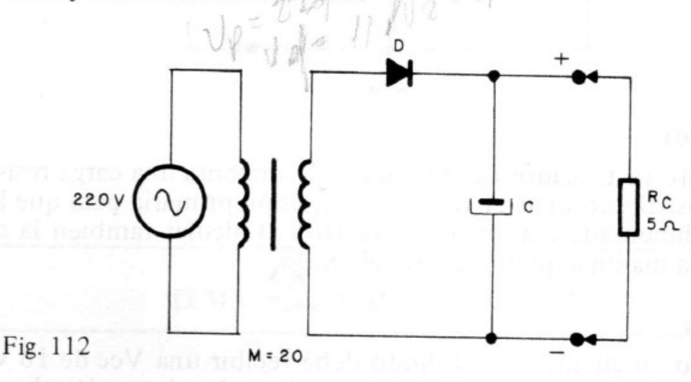


Fig. 112

Resultado: a) 5 V y 1 A; b) 15 V y 3 A

(5) **(Resuelto)**

Calcular la relación de transformación m, que deberá poseer el transformador del circuito de la figura 113, para que circulen por la carga 10 A.

Solución

La tensión media de c.c. que llega a la carga será:

$$V = R \cdot I = 0{,}1 \cdot 10 = 1 \text{ V}$$

Como entre extremos de la carga no hay corriente continua pura sino rectificada de media onda, hay que averiguar la tensión de pico de c.a. que corresponde a esta c.c. media.

$$Vcc_{media} = \frac{Vo}{\pi}$$

$$Vo = Vcc \cdot \pi = 1 \cdot 3{,}14 = 3{,}14 \text{ V}$$

El valor eficaz de esta tensión será:

$$V_{eficaz} = 3{,}14/1{,}41 = 2{,}23 \text{ V}$$

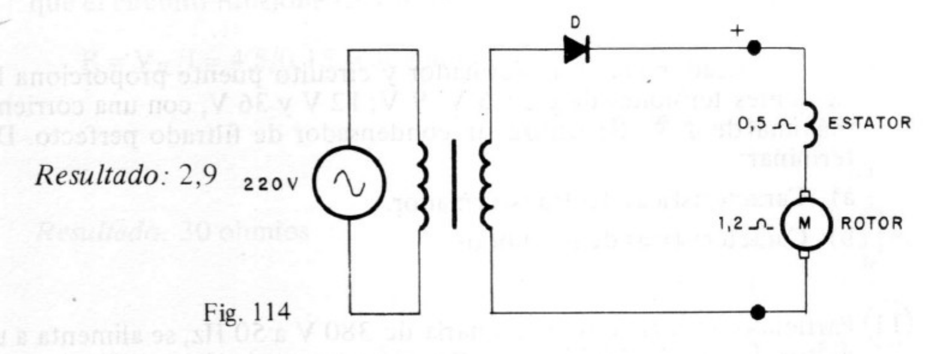
La relación de transformación será:

$$m = V1/V2 = 380/2{,}23 = 170$$

Resultado: 170

Fig. 113

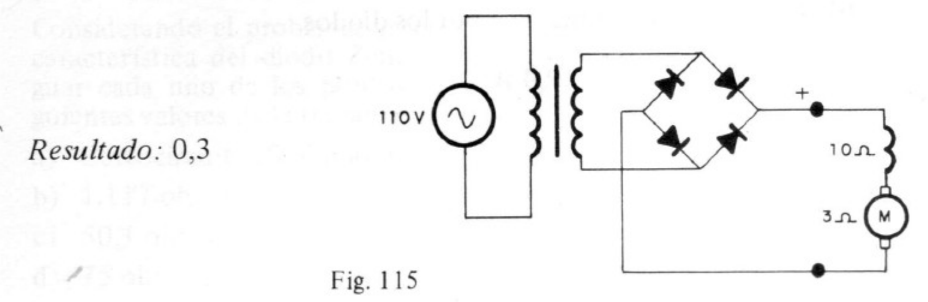
(6) El circuito rectificador de media onda sin filtro, mostrado en la figura 114, alimenta a un motor de corriente continua, que consume 20 A. Calcular la relación de transformación del transformador.



Resultado: 2,9

Fig. 114

(7) Hallar la relación de transformación del transformador, para que el motor de la figura 115 se vea recorrido por una intensidad de 20 A.



Resultado: 0,3

Fig. 115

(8) Si se coloca en el circuito del problema anterior un filtro a base de un condensador de acción perfecta, ¿cuánto se puede reducir la tensión de entrada, manteniendo la alimentación del motor?

Resultado: V1 = 60 V

(9) Hallar las siguientes especificaciones para el diseño de un alimentador que suministre las tensiones de c.c. 6 V; 7,5 V y 9 V, con una corriente máxima de 1 A para cualquiera de ellas.

1.–Potencia del transformador.

2.–Diferentes relaciones del transformador para una V1 = 220 V

3.–Corriente directa máxima en los diodos.

4.–Tensión inversa máxima en cualquiera de los diodos.

Nota.–Utilizar en el diseño un conmutador de tres posiciones.

Resultado: 6,4 W; 51 esp.; 41 esp.; 34,6 esp.; 1 A y – 18 V

(10) Un rectificador con transformador y circuito puente proporciona las siguientes tensiones de c,c,: 6 V; 9 V; 12 V y 36 V, con una corriente máxima de 2 A. Se utiliza un condensador de filtrado perfecto. Determinar:

a) Características del transformador.

b) Características de los diodos.

(11) Partiendo de una tensión primaria de 380 V a 50 Hz, se alimenta a un motor de c.c. de 40 CV de potencia con una tensión rectificada, pero sin filtrar, de 1.000 V. Calcular:

a) Relación del transformador.

b) Corriente directa máxima por los diodos.

Resultado: 1.111 V y 29,4 A

TEMA 4. Estabilización

(1) **(Resuelto)**

Un rectificador de onda completa, como el de la figura 116, proporciona una tensión filtrada de 12 V, con la que se desea alimentar a una carga de 7,5 V estabilizados con un diodo Zener. Calcular el valor de R en dicho circuito si el Zener tiene una tensión de funcionamiento de 7,5 V y una corriente máxima de 150 mA.

Solución

El valor de la resistencia se calcula teniendo en cuenta que en ella ha de quedar la caída de tensión sobrante, o sea,

$$V_R = Vcc - V_{Zener} = 12 - 7{,}5 = 4{,}5 \text{ V}$$

Por otra parte, se ha de preveer que la corriente máxima; en el caso que el circuito funcione sin carga, ha de ser 150 mA, por lo tanto:

$$R = V_R / I = 4{,}5/0{,}15 = 30 \text{ ohmios}$$

Resultado: 30 ohmios

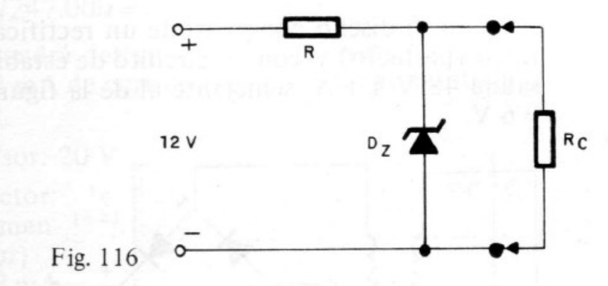


Fig. 116

(2) **(Orientado)**

Considerando el problema anterior y teniendo en cuenta que la curva característica del diodo Zener es la mostrada en la figura 117, averiguar cada uno de los puntos de trabajo de dicho diodo, para los siguientes valores de la resistencia de carga:

a) Cortocircuito (0 ohmios).

b) 1.117 ohmios.

c) 50,1 ohmios.

d) 75 ohmios.

Orientación

Dado que la corriente total que llega al diodo y a la carga, es en condiciones normales (12 V de alimentación) de 150 mA, se debe aplicar la siguiente relación:

$$I_{Zener} = 150 - I_{carga}$$

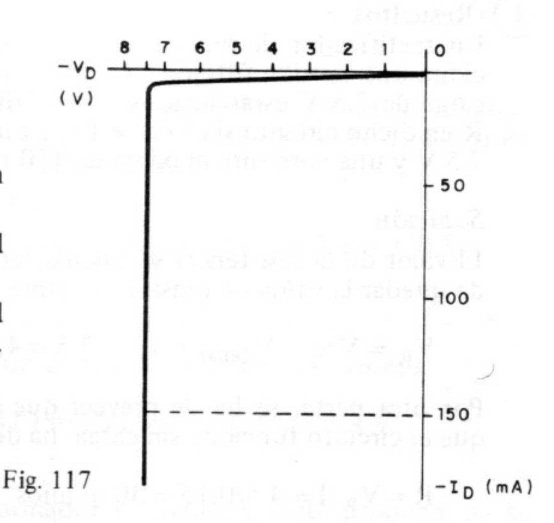


Fig. 117

También se debe tener en cuenta que:

– Por encima de 150 mA el diodo Zener se avería.
– Por debajo de 10 mA el diodo Zener no estabiliza.

(3) Realizar el diseño completo de un rectificador de onda completa con filtro (perfecto) y con un circuito de estabilización que suministre a la salida 48 V a 1 A, semejante al de la figura 118. V1 = 220 V y V2 = = 6 V.

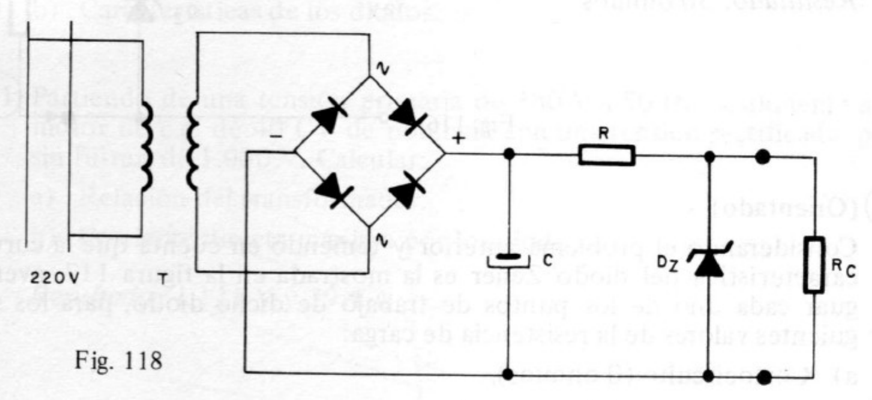


Fig. 118

Resultado: $P_T = 60$ W; $P_R = 13$ W;
R = 9,5 ohmios; n = 5,4 y
C = 8.330 microfaradios

TEMA 5. Transistores con montaje de emisor común

① (**Resuelto**)

Determinar el punto de trabajo Q y la recta de carga del transistor del circuito con montaje de emisor común, mostrado en la figura 119. Las curvas características del transistor se muestran en la figura 120 (SC 107) y se sypone en los cálculos una $V_{be} = 0{,}6$ V constante.

Solución

Se comienza hallando los puntos 1 y 2 extremos de la recta de carga, o sea, los de cruce con los ejes de coordenadas.

Punto 1: Vce = Vcc = 50 V e Ic = 0

Punto 2: Vce = 0 e Ic = Vcc/Rc = 50/600 = 83 mA

Uniendo estos dos puntos se obtiene la recta de carta.

A continuación se calcula la corriente de base.

$$V_{RB} = Vcc - Vbe = 50 - 0{,}6 = 49{,}4 \text{ V}$$

$$Ib = V_{RB}/R_B = 40{,}4/247.000 = 0{,}2 \text{ mA}$$

El punto de trabajo Q vendrá determinado por el corte de la recta de carga con la curva de 0,2 mA de corriente de base. Dicho punto de trabajo estará definido por:

Tensión colector emisor: 20 V

Corriente de colector: 50 mA (aproximadamente igual a la del emisor)

Corriente de base: 0,2 mA

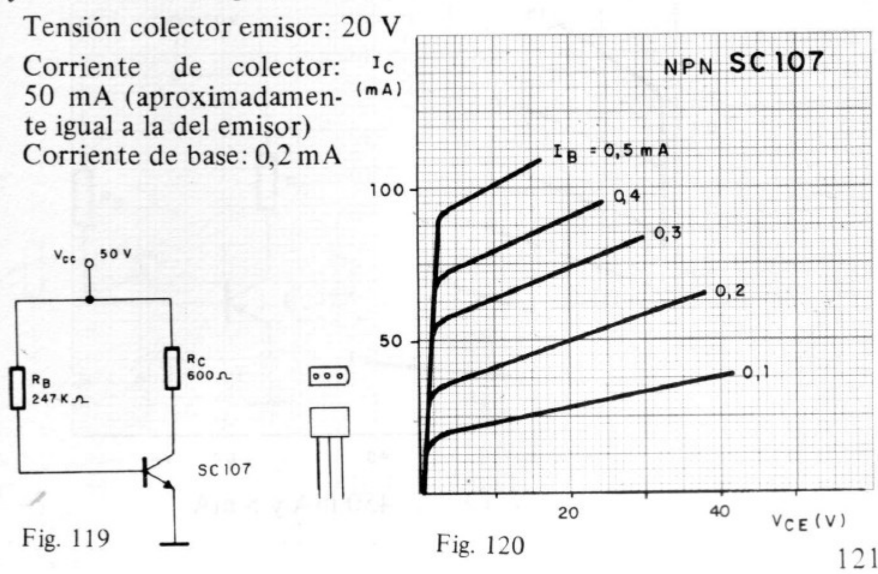


Fig. 119

Fig. 120

② En el circuito de la figura 121, averiguar la recta de carga y el punto de trabajo del transistor MC 140, cuya curva característica se ofrece en la figura 122.

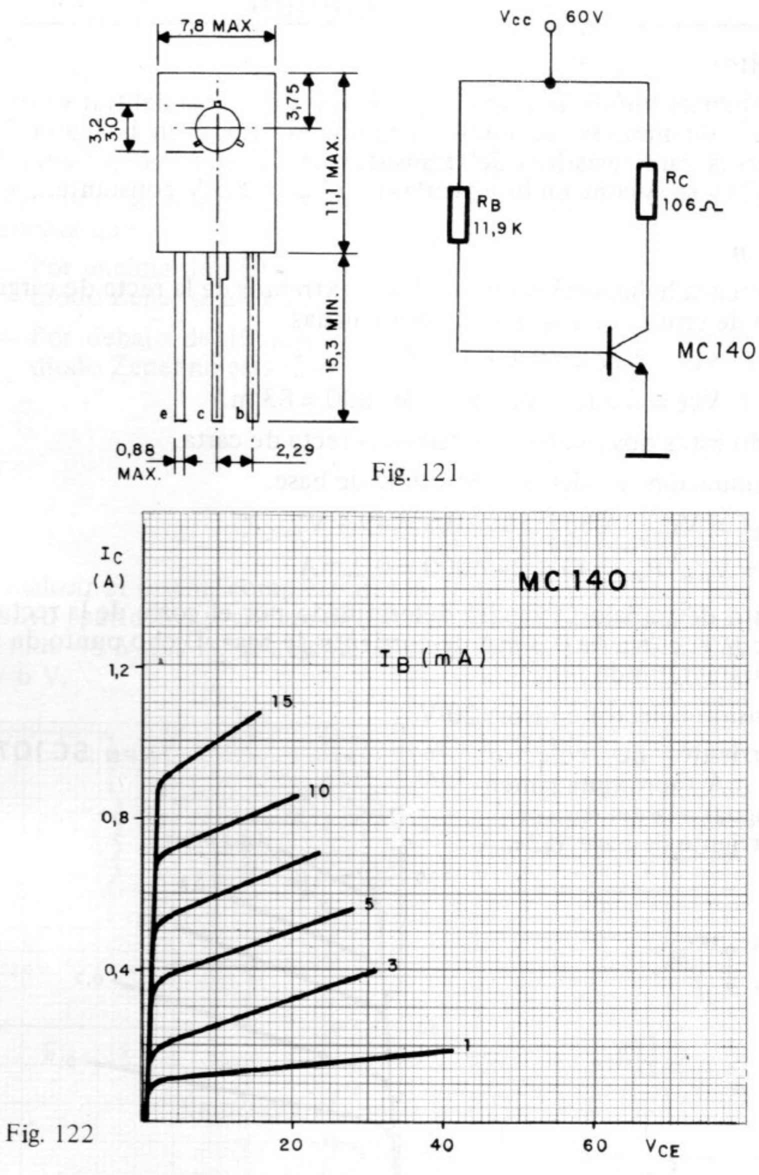


Fig. 121

Fig. 122

Resultado: 12,5 V; 450 mA y 5 mA

3 (Resuelto)

Determinar los valores de las resistencias del circuito de la figura 123, para que el transistor BC 177, cuyas curvas características se ofrecen en la figura 124, trabaje en el punto en el que Vce = 7 V, Ic = 50 mA y Vbe = 0,6 V.

Solución

Situando el punto dado en las curvas características se obtiene que la Ib = 0,4 mA.

Se aplica la ley de Ohm a Rc para calcularla.

$$Rc = \frac{Vcc - Vce}{Ic} = \frac{20 - 7}{50} = 260 \text{ ohmios}$$

Para el cálculo de R_B:

$$R_B = \frac{Vcc - Vbe}{Ib} = \frac{20 - 0{,}6}{0{,}4 \cdot 10^{-3}} = 48.500 \text{ ohmios}$$

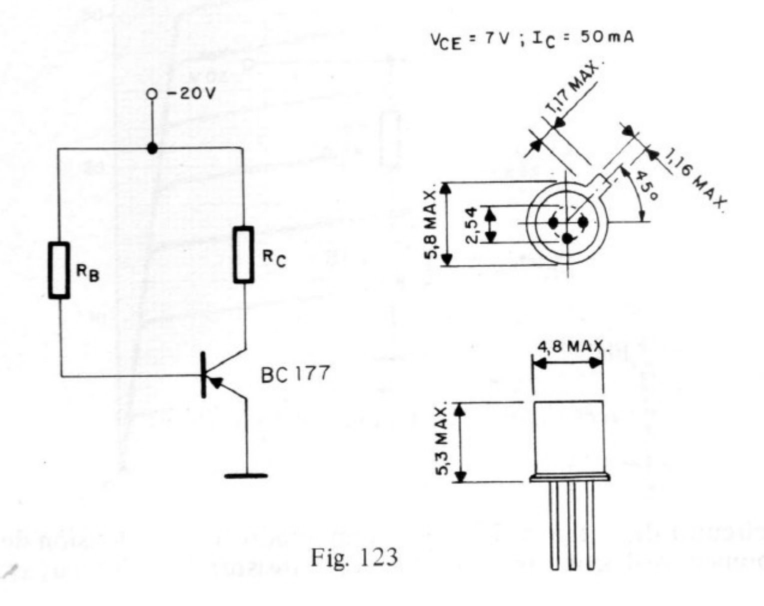


Fig. 123

Resultado: 260 Ω ; 48,5 KΩ

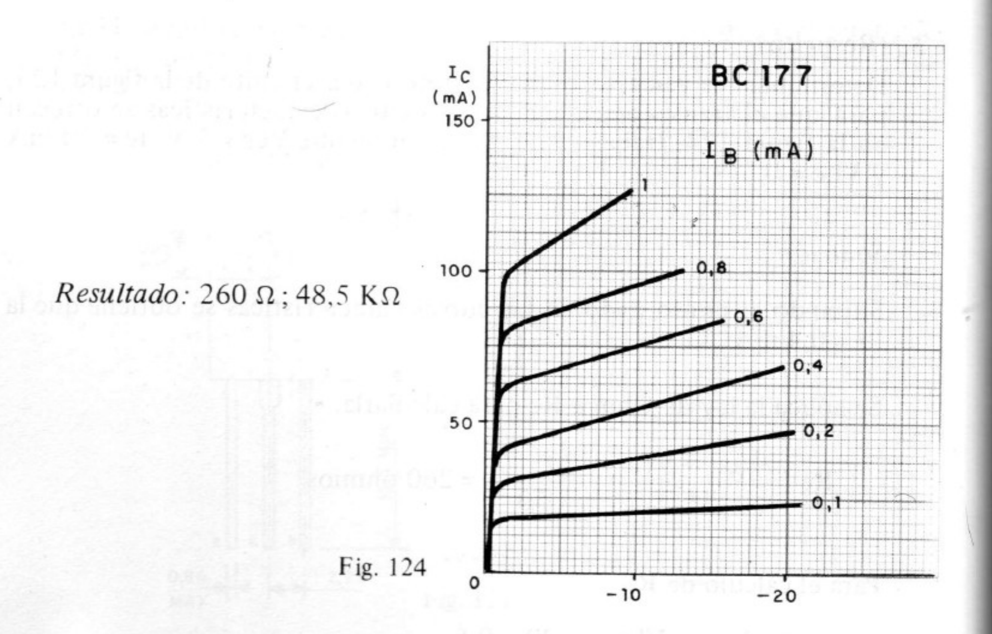


Fig. 124

(4) En el circuito de la figura 125 calcular el punto de trabajo del transistor, si Vbe = constante = 0,6 V y $\beta = 95$.

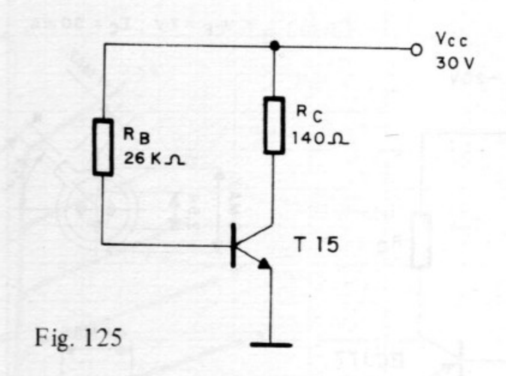


Fig. 125

Resultado: 106 mA (Ic) y 15 V (Vce)

(5) El circuito de la figura 126, está alimentado con una tensión de 12 V. Suponiendo despreciable la Vbe del transistor BC 108, cuyas curvas

características se ofrecen en la figura 127, calcular el punto de reposo o trabajo Q.

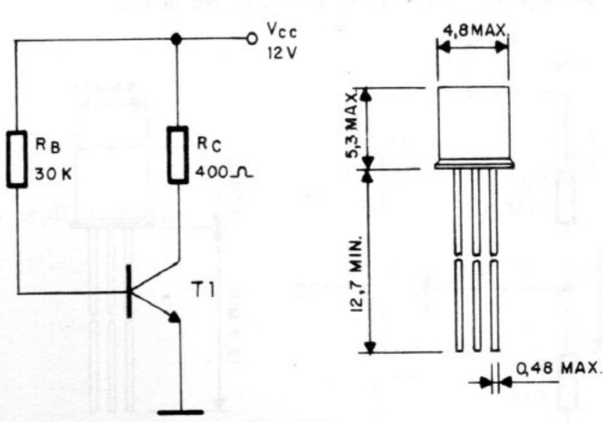


Fig. 126

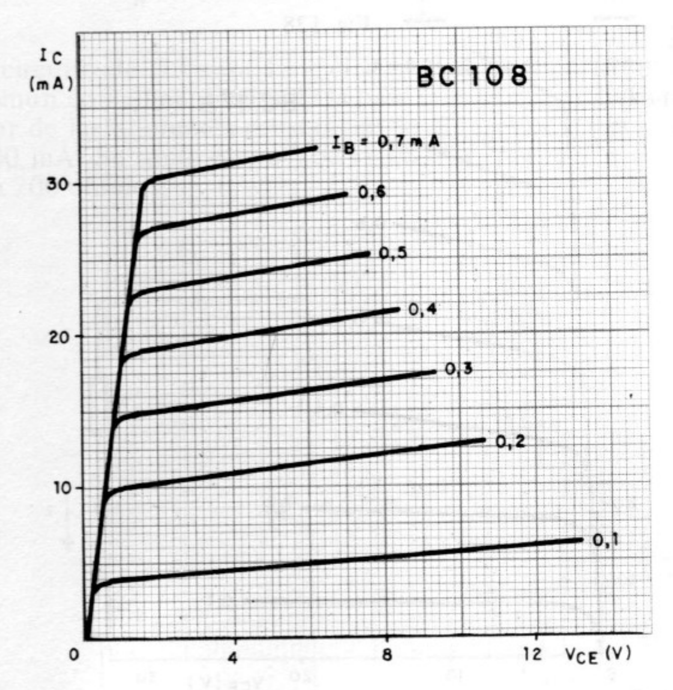


Fig. 127

Resultado: 4 V; 20 mA y 0,4 mA

(6) El montaje de la figura 128 suministra una tensión de polarización a la base del transistor, mucho más estable que los estudiados anteriormente. Determinar la recta de carga y el punto de trabajo, si Rbe = 1.750 ohmios y se supone la I mucho mayor que la Ib.

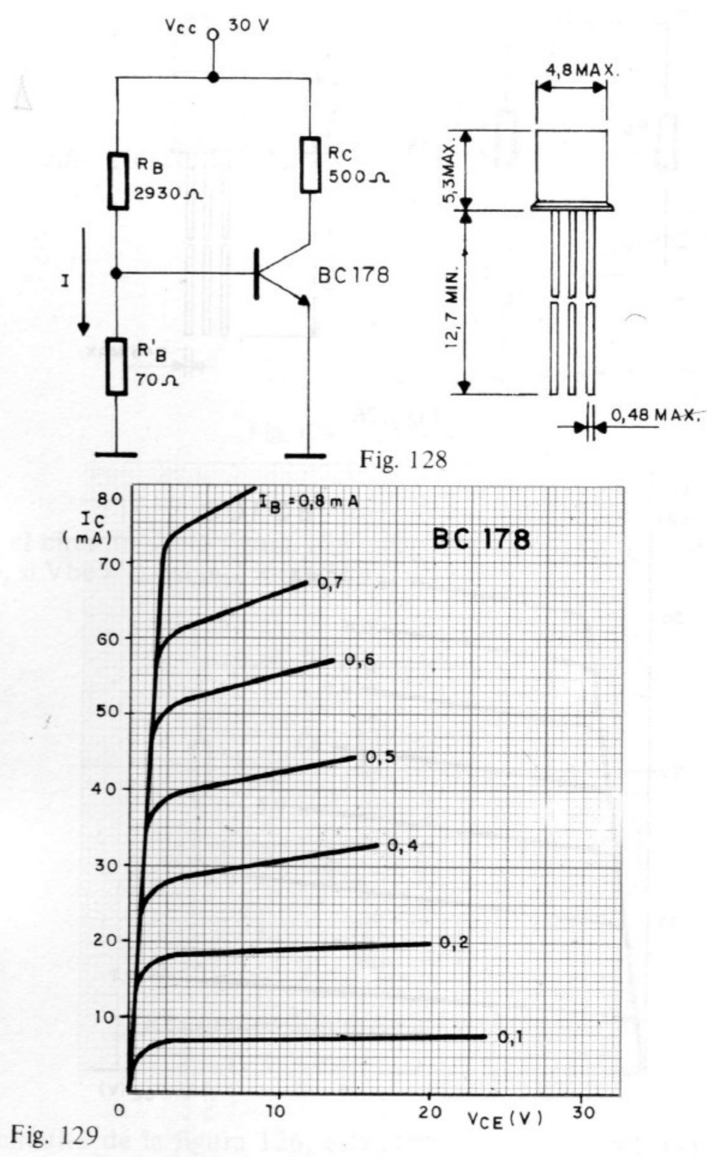


Fig. 128

Fig. 129

Resultado: 14 V; 32 mA y 0,4 mA

(7) Calcular el valor de la resistencia de la base R_B del circuito de la figura 130, para que el transistor tenga una Vce = 4,5 V, suponiendo que su β = 100 y que la Rbe es constante y de valor 600 ohmios.

Resultado: 8.400 ohmios

Fig. 130

(8) En el circuito de la figura 131, el transistor posee un montaje en emisor común con alimentación de la base por divisor de tensión. Calcular el valor de las diferentes resistencias para que Vce = 6 V y la corriente I = 100 mA. Se supone que Vbe = 0,8 V y que la Rbe es constante e igual a 200 ohmios.

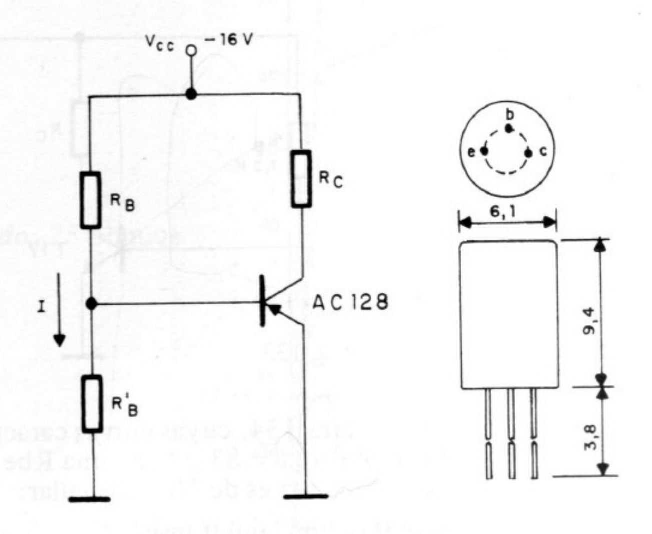


Fig. 131

Resultado: 20; 8 y 152 ohmios

Fig. 132

(9) Determinar el valor de la resistencia de carga Rc, del circuito de la figura 133, para que Vce = 9,8 V y sabiendo que $\beta = 70$ y que la Rbe = = 200 ohmios.

Resultado: 37 ohmios

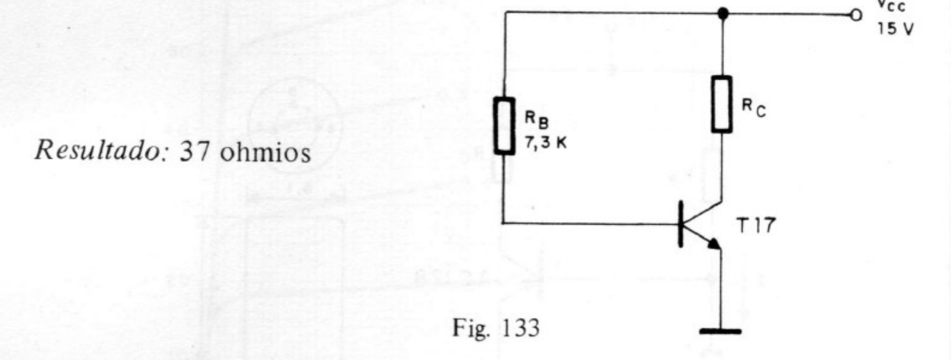


Fig. 133

(10) El transistor del circuito de la figura 134, cuyas curvas características se muestran en la figura 135, posee un $\beta = 83$ y tiene una Rbe constante de 1.667 ohmios. Si la Vce en reposo es de 10 V, calcular:

a) Recta de carga y punto de trabajo Q del transistor.

b) Valor de la resistencia de la base.

Nota: Por imperativos del diseño I = 20 mA.

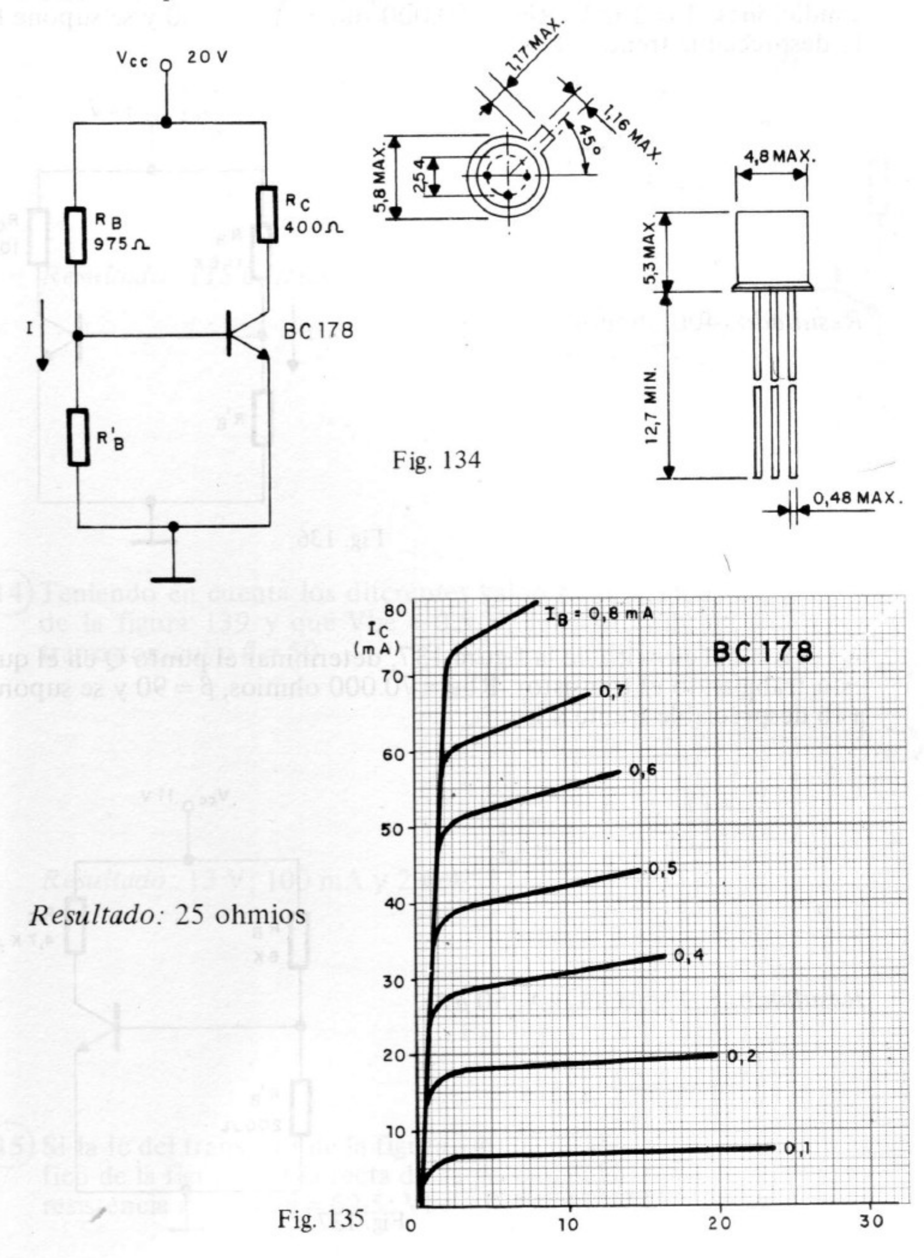


Fig. 134

Resultado: 25 ohmios

Fig. 135

(11) Calcular el punto de trabajo del transistor y el valor de la resistencia de base del circuito de la figura 136, para que se cumplan las siguientes condiciones: I = 2 mA; Rbe = 80.000 ohmios, $\beta = 100$ y se supone la Ib despreciable frente a I.

Resultado: 400 ohmios

Fig. 136

(12) A la vista del circuito de la figura 137, determinar el punto Q en el que está trabajando el transistor. Rbe = 70.000 ohmios, $\beta = 90$ y se supone a Ib despreciable frente a I.

Resultado: 8,9 V; 0,45 mA; 50 μA

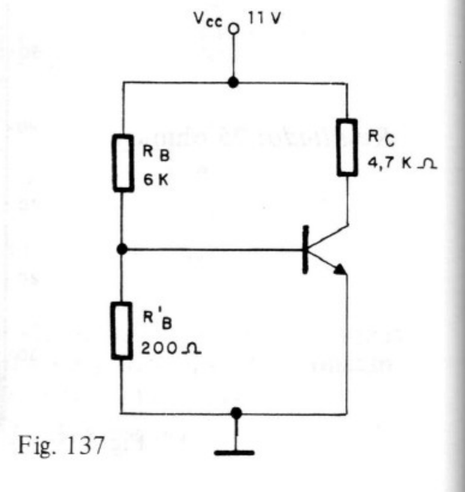


Fig. 137

(13) Calcular el valor del punto de reposo del transistor y el de la resistencia de carga del circuito de la figura 138, conociendo que Rbe = = 300 ohmios, $\beta = 65$ y Vce = 11 V.

Resultado: 115 ohmios

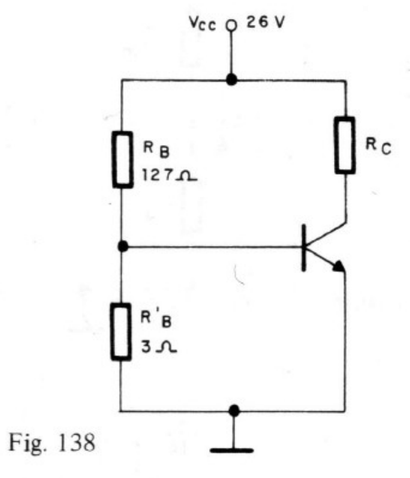


Fig. 138

(14) Teniendo en cuenta los diferentes valores que se indican en el circuito de la figura 139 y que Vbe = 0,5 V, calcular el punto de reposo del transistor, cuyo $\beta = 50$.

Resultado: 13 V; 100 mA y 2 mA

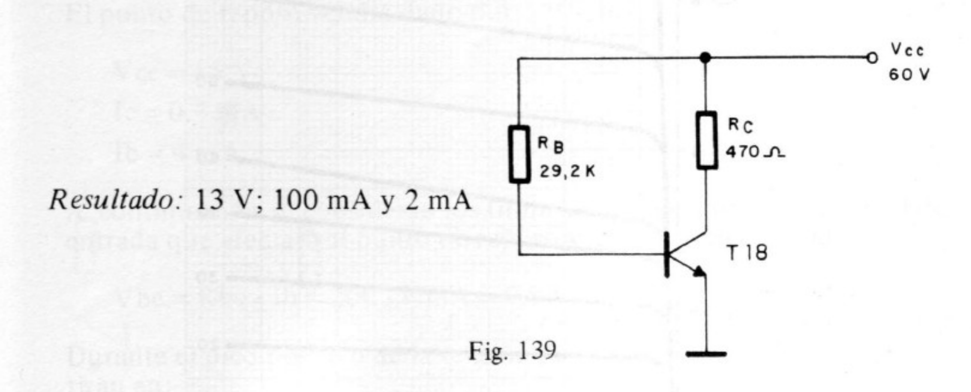


Fig. 139

(15) Si la Ic del transistor de la figura 140 ha de ser 2,5 A, dibujar en el gráfico de la figura 141 la recta de carga y calcular el punto de reposo y la resistencia de base. $\beta = 62,5$; Vbe = 0,4 V e I = 0,4 A.

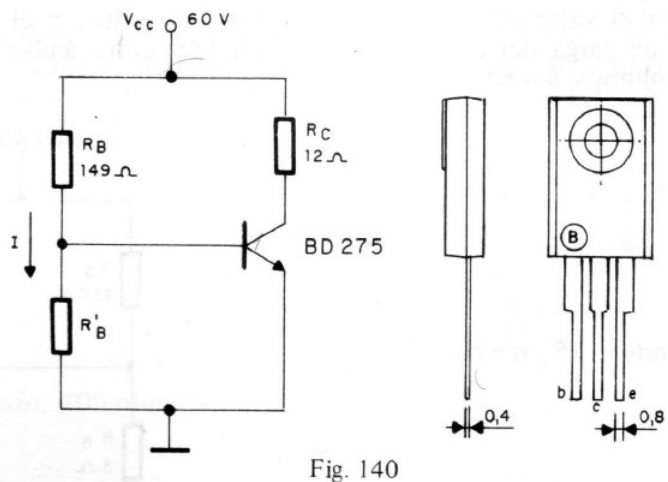


Fig. 140

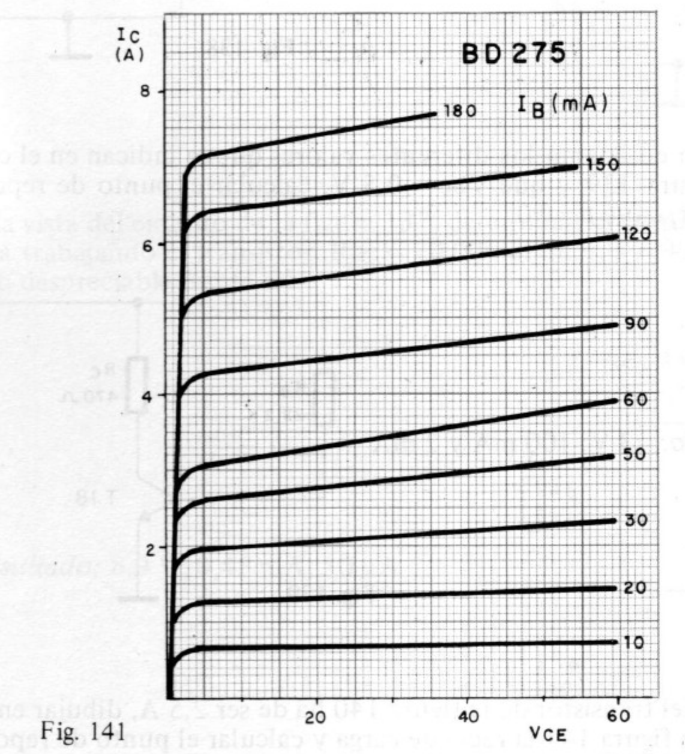


Fig. 141

Resultado: 1 ohmio

TEMA **6.** Introducción a la amplificación

(1) **(Resuelto)**

En la etapa amplificadora de la figura 142, se desea determinar la ganancia de tensión y de corriente, cuando se aplica a la entrada una señal de 1 V_{pp}. Se supone una Rbe constente de 200 ohmios y una frecuencia de trabajo de 500 Hz.

Solución

Se comienza determinando la recta de carga, mediante los dos puntos característicos.

punto 1: Vce = 36 V e Ic = 0

punto 2: Vce = 0 V e Ic = Vcc/Rc = 36/52 = 0,7 A

Seguidamente se calcula Ib

$$Ib = \frac{Vcc}{R_B + Rbe} = \frac{36}{8.825 + 200} = 4 \text{ mA}$$

El punto de reposo vendrá dado por:

Vce = 15 V

Ic = 0,4 mA

Ib = 4 mA

A continuación se consideran los límites entre los que varía la señal de entrada que afectará al punto de reposo y a la tensión de salida.

Vbe = Rbe · Ib = 200 · 4 mA = 0,8 V

Durante el pico positivo de la tensión de entrada estos 0,8 V se convertirán en:

Vb = Vbe + 0,5 = 0,8 + 0,5 = 1,3 V; de donde

$i_b = v_b$ /Rbe = 1,3/200 = 6,5 mA

Luego en el pico positivo i_b = 6,5 mA; Vce = 7 V y Ic = 0,56 A

En el pico negativo, se tiene:

$Vb = Vbe - 0{,}5 = 0{,}8 - 0{,}5 = 0{,}3$ V

$i_b = Vb/Rbe = 0{,}3/200 = 1{,}5$ mA

Luego en el pico se trabajo con $i_b = 1{,}5$ mA; $Vce = 25$ V e $Ic = 0{,}21$ A.

Calculadas las dos condiciones extremas entre las que se moverá el punto de trabajo, las ganancias se obtienen de la siguiente forma:

$$Gv = \frac{\Delta V_{salida}}{\Delta V_{entrada}} = \frac{25 - 7}{1} = 18$$

$$Gi = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} = \frac{560 - 210}{6{,}5 - 1{,}5} = 70$$

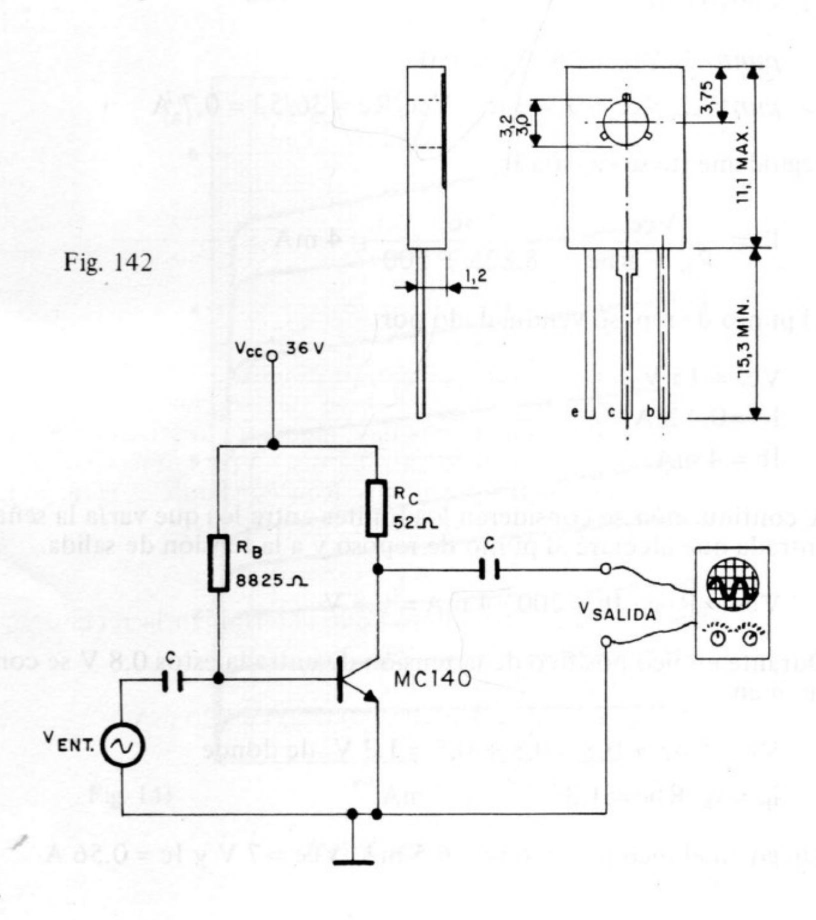


Fig. 142

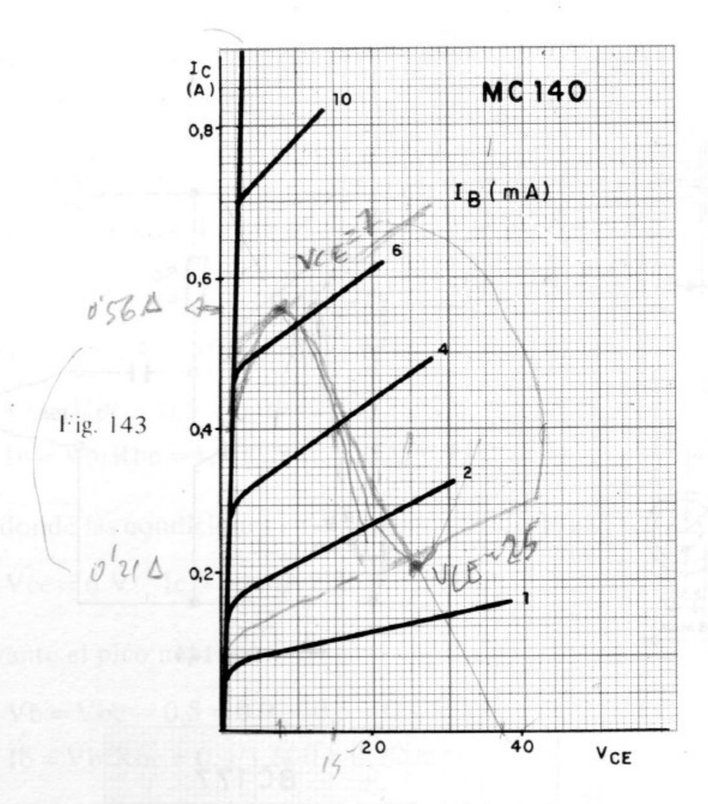


Fig. 143

② **(Resuelto)**

El amplificador con montaje de emisor común de la figura 144, cuyo transistor tiene las curvas características que se muestran en la figura 145, tiene una alimentación de la base mediante un divisor de tensión. Si trabaja con una tensión de entrada de 1 Vpp a una frecuencia de 200 Hz y se supone que posee una Rbe constante e igual a 1.800 ohmios, hallar la ganancia de tensión y de corriente.

Solución

Se comienza calculando los puntos que determinan la recta de carga.

punto 1: Ic = 0 y Vce = 24 V

punto 2: Vce = 0 e Ic = Vcc/Rc = 24/200 = 120 mA

La corriente de la base será:

Ib = Vbe/Rbe siendo Vbe = $R'_B \cdot I$

Fig. 144

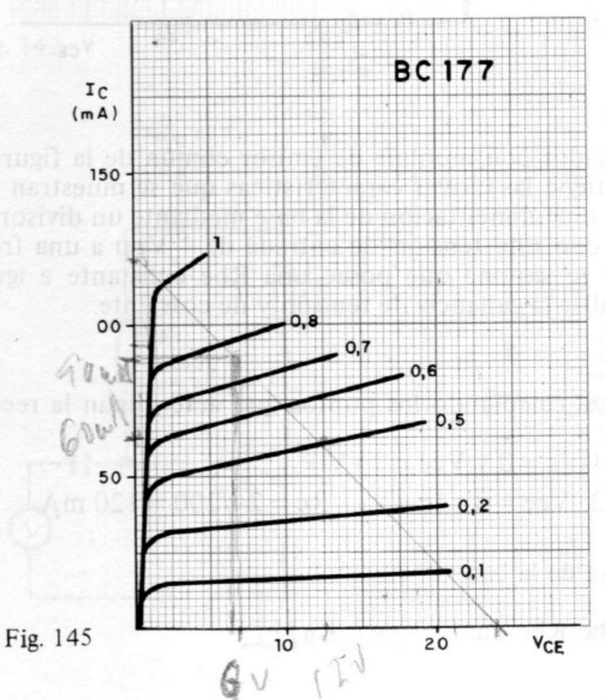


Fig. 145

$$Vbe = R'_B \frac{Vcc}{R_B + R'_B} = 36 \cdot \frac{24}{924 + 36} = 0,9 \text{ V}$$

$$Ib = Vbe/Rbe = 0,9/1.800 = 0,5 \text{ mA}$$

Las condiciones de funcionamiento del transistor serán:

$$Vce = 12 \text{ V}; \quad Ic = 60 \text{ mA e } Ib = 0,5 \text{ mA}$$

Durante el pico positivo de la señal de entrada:

$$Vb = Vbe + 0,5 = 0,9 + 0,5 = 1,4 \text{ V}$$

$$Ib = Vb/Rbe = 1,4/1.800 = 0,78 \text{ mA}$$

De donde las condiciones en el pico positivo son :

$$Vce = 6 \text{ V}; \quad Ic = 90 \text{ mA e } Ib = 0,78 \text{ mA}$$

Durante el pico negativo:

$$Vb = Vbe - 0,5 = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ V}$$

$$Ib = Vb/Rbe = 0,4/1.800 = 0,22 \text{ mA.}$$

De donde las condiciones de trabajo en el pico negativo serán:

$$Vce = 16 \text{ V}; \quad Ic = 40 \text{ mA} \quad \text{e } Ib = 0,22 \text{ mA.}$$

Las ganancias de tensión y corriente se hallarán:

$$Gv = \frac{\Delta V_{salida}}{\Delta V_{entrada}} = \frac{16 - 6}{1} = 10$$

$$Gi = \frac{\Delta Ic}{\Delta Ib} = \frac{90 - 40}{0,78 - 0,22} = 89$$

(3) Hallar la ganancia de tensión y de corriente del amplificador de la figura 146, cuyo transistor tiene las curvas características que se muestran en la figura 147. La sañal aplicada a la entrada es de 750 mVpp a una frecuencia de 250 Hz y se supone que la Rbe es constante e igual a 200 ohmios.

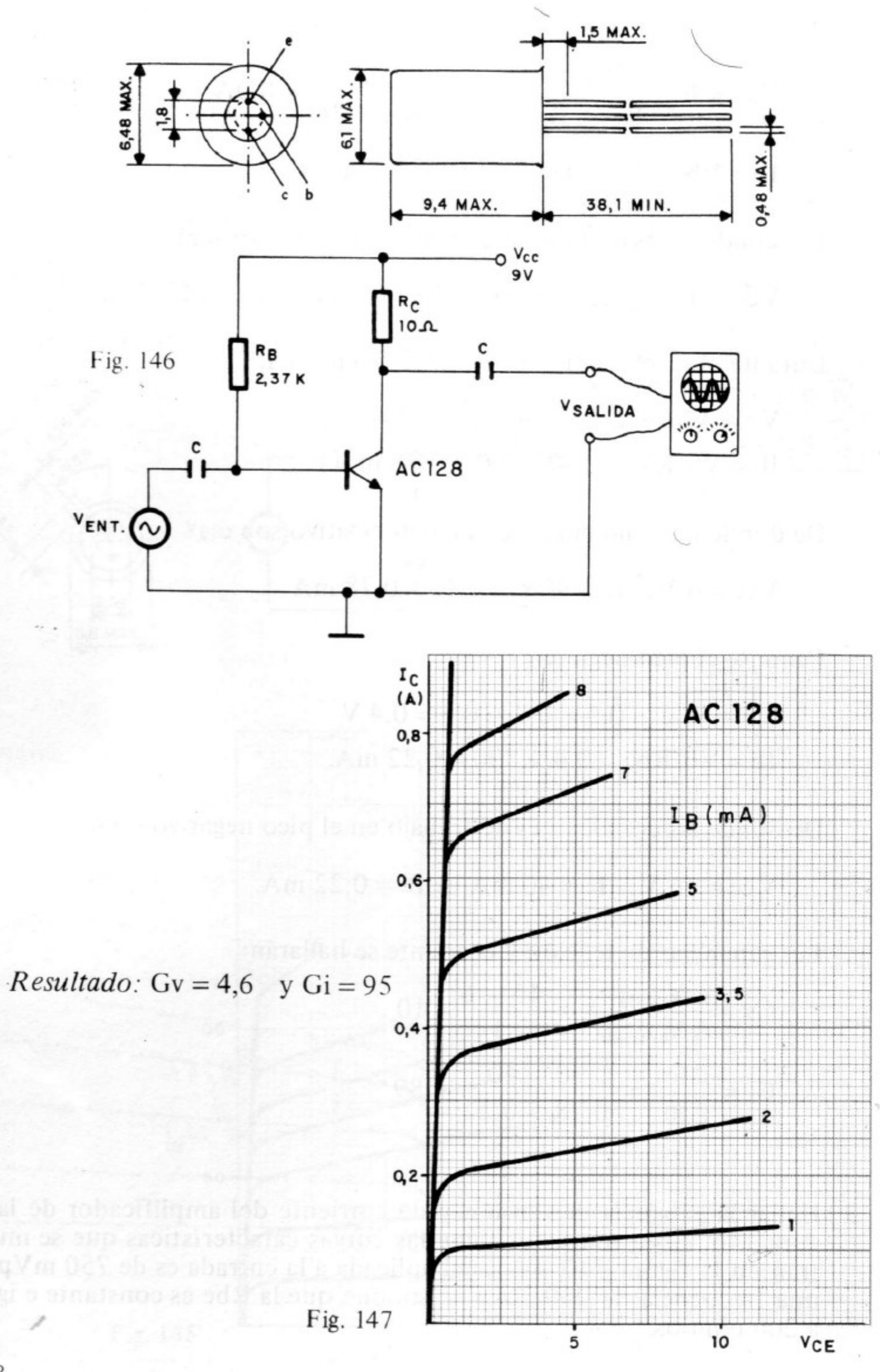


Fig. 146

Resultado: Gv = 4,6 y Gi = 95

Fig. 147

(4) Determinar la ganancia de tensión y de corriente del amplificador de la figura 148, cuyo transistor BD 275 dispone de las curvas características dadas en la figura 149. La tensión aplicada a la base es de 1 Vpp a 1.000 Hz y la Rbe es constante e igual a 16 ohmios.

Fig. 148

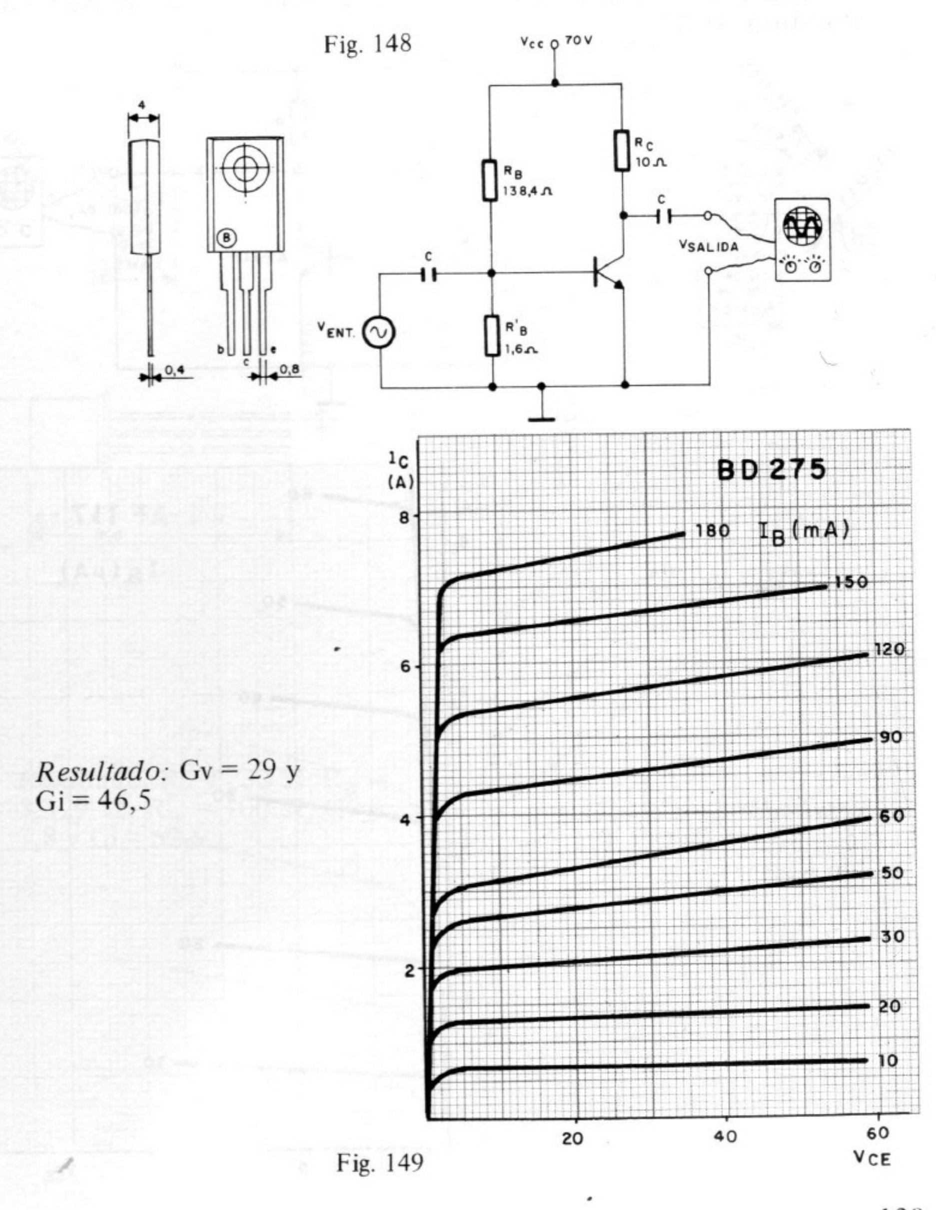


Fig. 149

Resultado: Gv = 29 y Gi = 46,5

⑤ Determinar los valores de las resistencias Rb y Rc del amplificador mostrado en la figura 150, para obtener un punto de trabajo en el que Vce = V; Ic = 4,5 mA, la tensión de entrada es de 0,5 Vpp y la Rbe es igual a 20.000 ohmios. También se pide la ganancia de tensión y de corriente, representando en la figura 151 las curvas características del transistor AF 117.

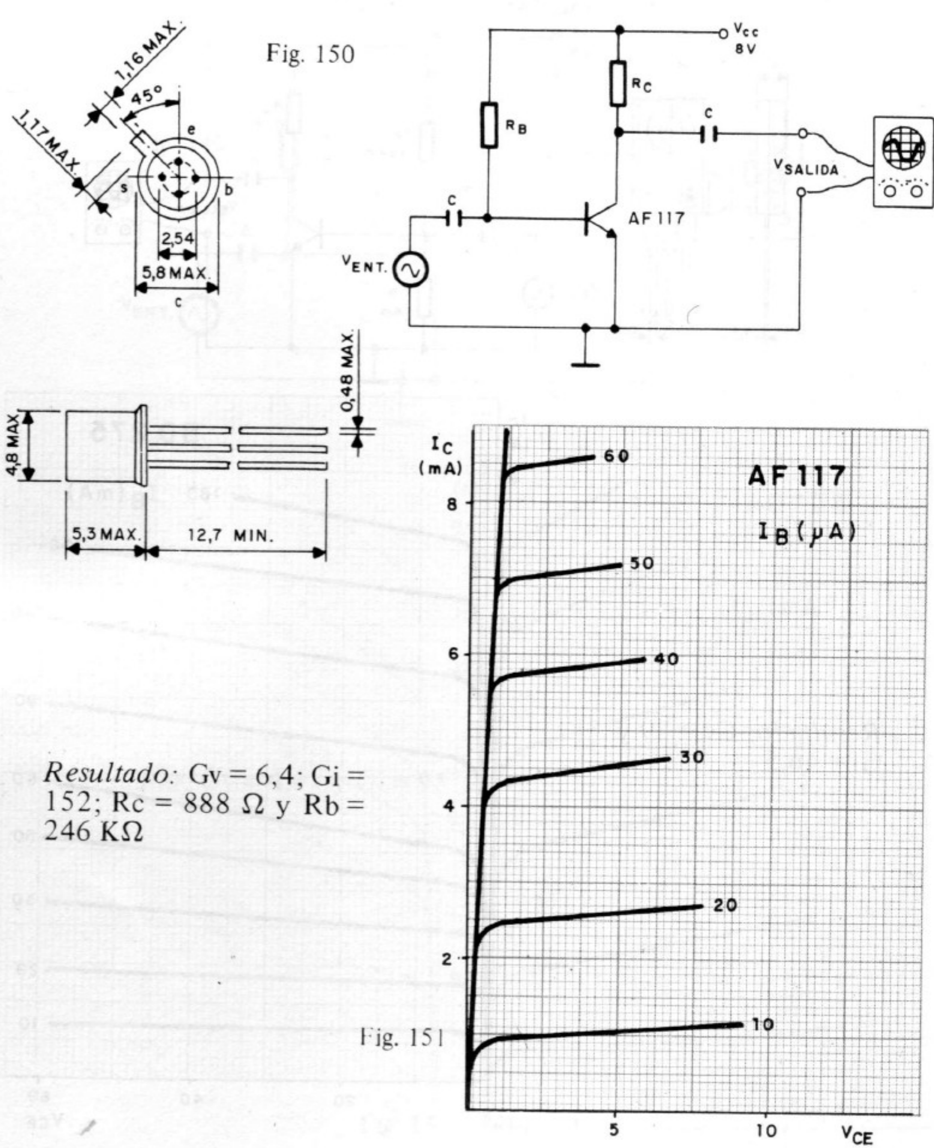


Fig. 150

Resultado: Gv = 6,4; Gi = 152; Rc = 888 Ω y Rb = 246 KΩ

Fig. 151

(6) Determinar el valor de las resistencias del circuito de la figura 152, para que el punto de trabajo tenga una Vce = 10 V; Ic = 60 mA, siendo la tensión de entrada de 0,7 Vpp y la I = mA. Se supone la Rbe del transistor constante e igual a 1.750 ohmios.

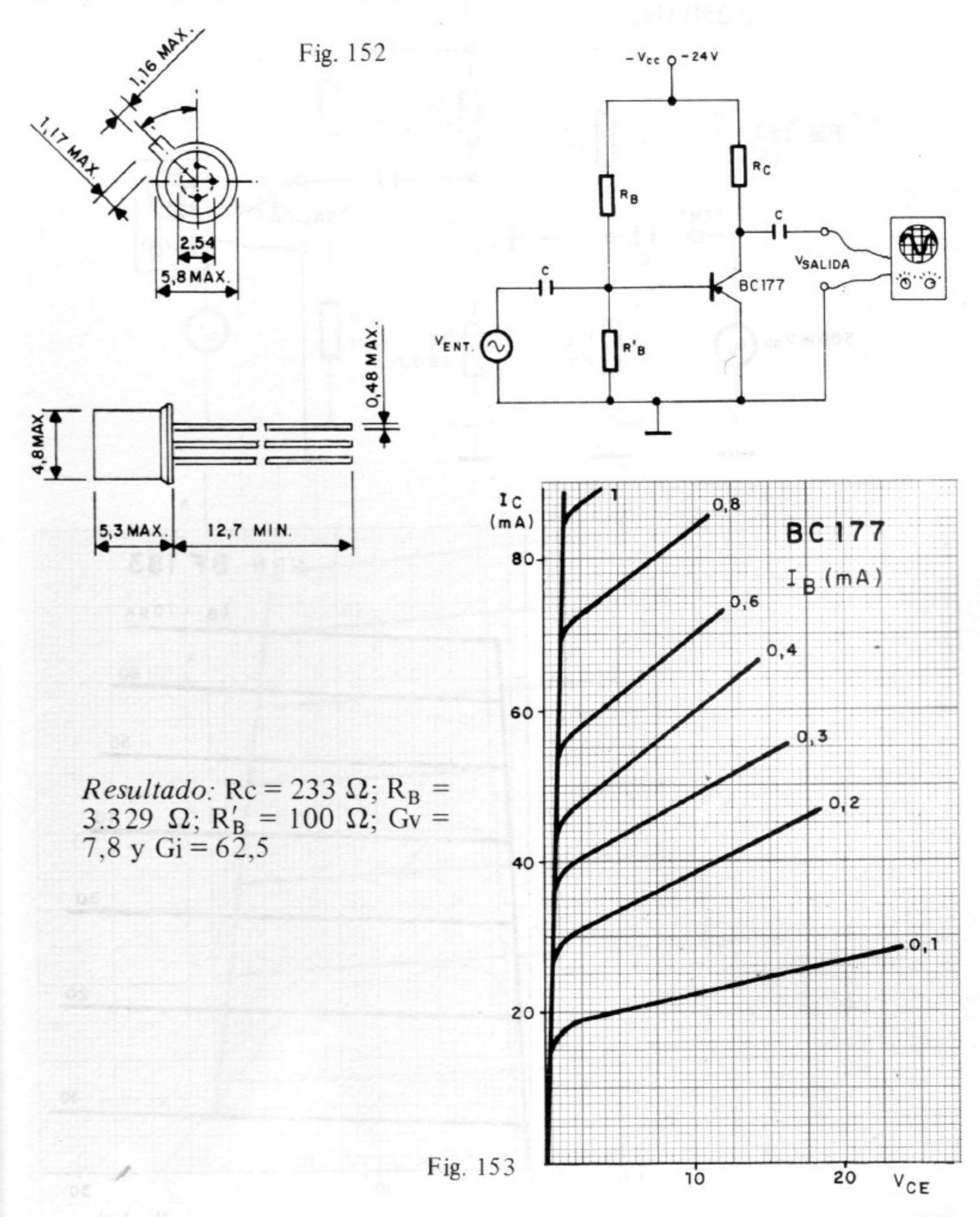


Fig. 152

Resultado: Rc = 233 Ω; R_B = 3.329 Ω; R'_B = 100 Ω; Gv = 7,8 y Gi = 62,5

Fig. 153

(7) Dibujar la forma de la onda de salida, así como los valores de la ganancia de tensión y de corriente del circuito de la figura 154, cuyo transistor tiene las curvas características que se ofrece en la figura 155, cuando se aplica una tensión de entrada de 250 mV de pico a pico a una frecuencia de 250 Hz.

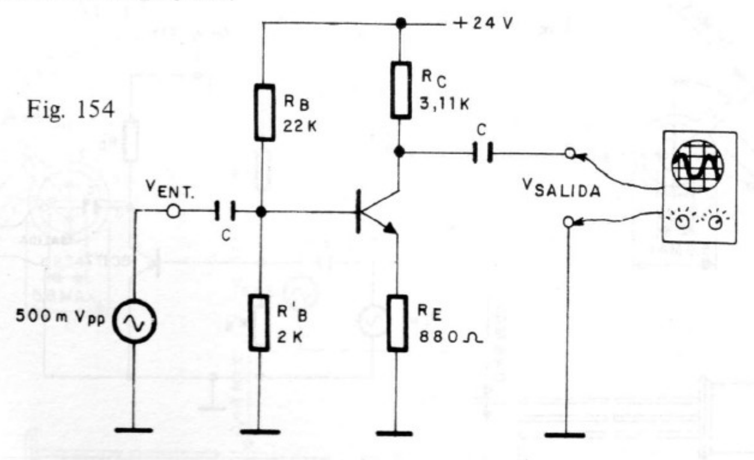


Fig. 154

Resultado: Gv = 3
y Gi = 145

NPN BF 183

I_B = 70 μA
60
50
40
30
20
10

I_C (mA)
6
4
2
0

10
20
30
V_{CE} (V)

Fig. 155

(8) ¿Qué tensión hay aplicada a la entrada del circuito de la figura 156, si en la salida hay 16 Vpp? Calcular también las ganancias de tensión y de corriente.

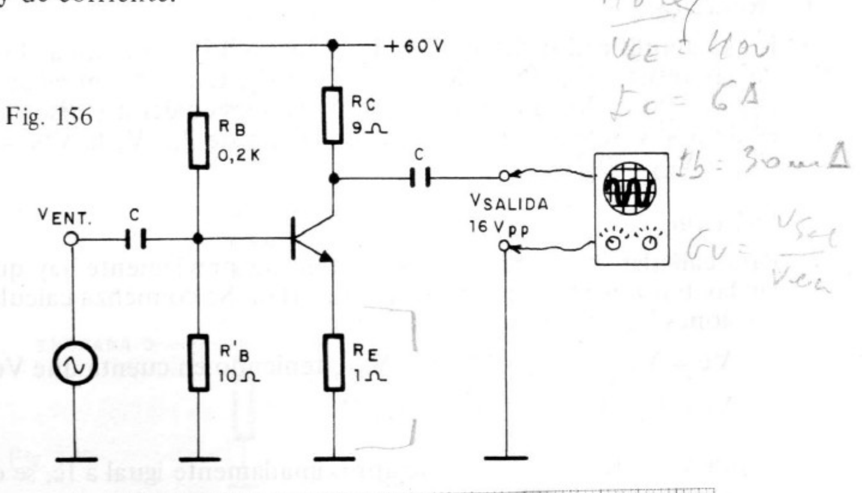


Fig. 156

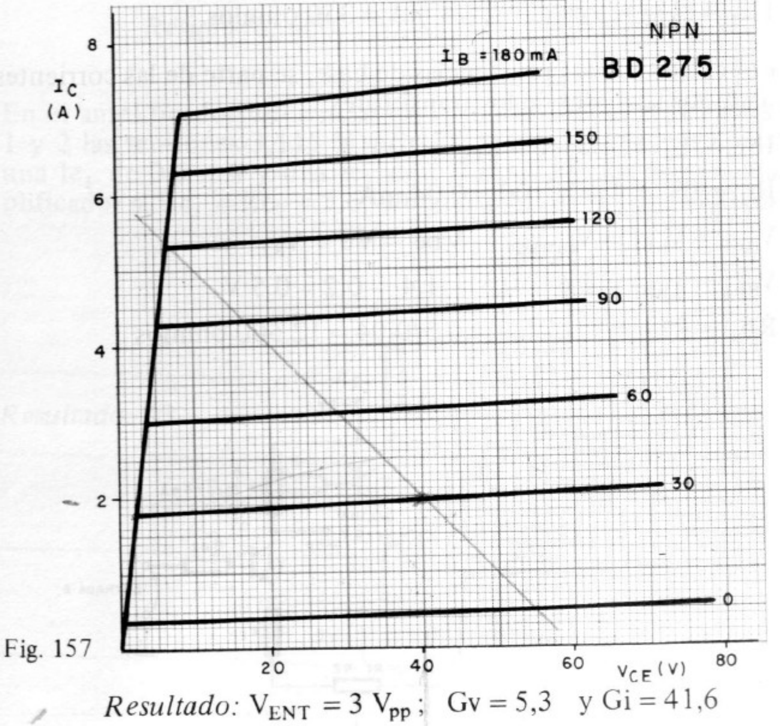


Fig. 157

Resultado: $V_{ENT} = 3\ V_{pp}$; Gv = 5,3 y Gi = 41,6

TEMA 7. Amplificadores de corriente continua

(1) **(Resuelto)**

En el amplificador diferencial de la figura 158 determinar los valores de las resistencias R_{B1}, R_{B2}, R_{E1} y R_{E2}, teniendo en cuenta que la $h_{FE} = 100$ en los transistores y las tensiones colector-emisor de ambos es de 3,4 V. Las tensiones de entrada son de 2,6 V, la $Vbe = 0,5$ V y $V_{R1} = V_{R2} = 0,2$ V.

Solución

Para calcular los valores de las resistencias, previamente hay que calcular las tensiones y corrientes que soportan. Se comienza calculando las tensiones V_{Re} de ambos transistores.

$Ve = Vcc - V_{Rc} - Vce - V_{R2}$, teniendo en cuenta que $Ve = V_{Re}$

$Ve = 9 - 4 - 3,4 - 0,2 = 1,4$ V

Como $Ve = Re \cdot Ie$, siendo Ie aproximadamente igual a Ic, se obtiene:

$Re_1 = Re_2 = Ve/Ie = 1,4/4$ mA $= 350$ ohmios.

Para el cálculo de las resistencias de base, se parte de las corrientes que circulan por las bases de los transistores.

$Ib_1 = Ib_2 = Ic/\beta; \ \beta = h_{FE} = 100$

$Ib_1 = Ib_2 = 4 \text{ mA}/100 = 0,04$ mA

$V_{Rb1} = V_{Rb2} = V_{entrada} - Vbe - Ve - V_{R2}$

$V_{Rb1} = V_{Rb2} = 2,6 - 0,5 - 1,4 - 0,2 = 0,5$ V

$Rb_1 = Rb_2 = V_{Rb1}/Ib_1 = 0,5/0,04 = 12.500$ ohmios

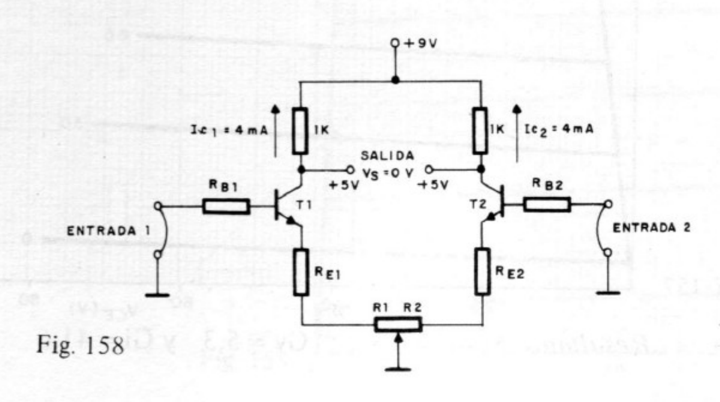


Fig. 158

(2) El amplificador de corriente continua de dos etapas, que se muestra en la figura 159, se halla acoplado directamente y estabilizado térmicamente mediante una resistencia NTC. Determinar el valor de las diferentes resistencias, para alcanzar las siguientes condiciones de trabajo: Va = 12 V; Vce_2 = 6V; Vbe_1 = 0,4 V; Vbe_2 = 0,6 V; Ic_1 = 6 mA; Ic_2 = 10 mA y $H_{FE1} = h_{FE2}$ = 90. También se conoce que la corriente del divisor R1 y R2 debe ser 20 veces mayor que Ib_1.

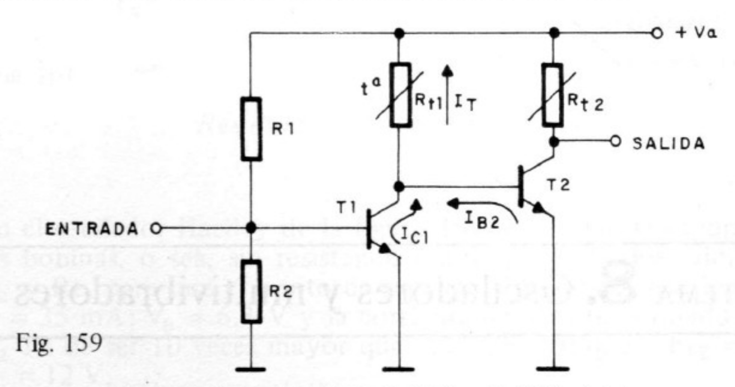


Fig. 159

Resultado: 600, 300, 8.700 y 1.900 ohmios

(3) En el amplificador diferencial de la figura 160 se aplica a las entradas 1 y 2 las tensiones 3,115 V y 3,128 V respectivamente, produciendo una Ie_1 de 0,6 mA y una Ie_2 de 0,7 mA. Calcular la ganancia del amplificador si $Rc_1 = Rc_2$ = 5.670 ohmios y $R_1 = R_2$ = 1.000 ohmios.

Resultado: 43

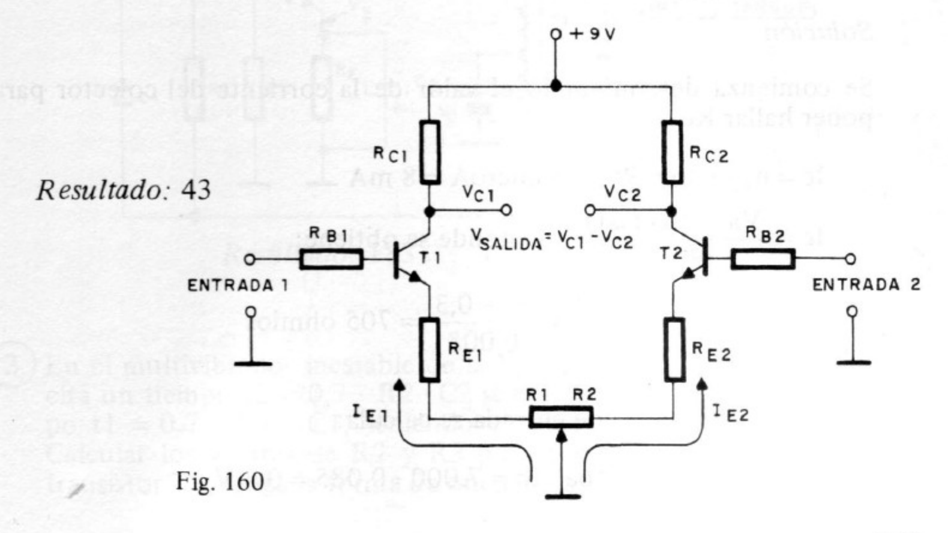


Fig. 160

(4) Con referencia al problema anterior, hallar los valores de las resistencias Re_1 y Re_2 para que se mantenga la ganancia obtenida, para una $Vce_1 = 2$ V y una $Vce_2 = 0{,}88$ V.

Resultado: 5.000 ohmios

TEMA 8. Osciladores y multivibradores

(1) **(Resuelto)**

Determinar el valor de la Rc y de la tensión de entrada en el circuito de la figura 161, para que quede saturado el transistor ($Vce_{sat} = 0{,}3$ V). Datos conocidos: Va = 6 V; Rbe = 700 ohmios; $h_{FE} = 95$ e Ib = 85 microamperios.

Solución

Se comienza determinando el valor de la corriente del colector para poder hallar Rc.

$$Ic = h_{FE} \cdot Ib = 95 \cdot 85 \text{ microA} = 8 \text{ mA}$$

$$Ic = \frac{Va - Vce(sat)}{Rc}, \text{ de donde se obtiene:}$$

$$Rc = \frac{Va - Vce(sat)}{Ic} = \frac{6 - 0{,}3}{0{,}008} = 705 \text{ ohmios}$$

El valor de la tensión de entrada se calcula:

$$V_{entrada} = Vbe = Rbe \cdot Ib = 7.000 \cdot 0{,}085 = 0{,}6 \text{ V}$$

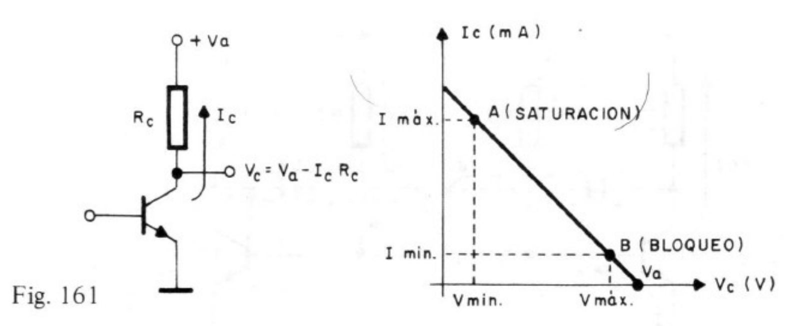


Fig. 161

Resultado: 705 ohmios y 0,6 V

(2) En el oscilador Hartley de la figura 162, en el que se suponen ideales las bobinas, o sea, sin resistencia óhmica, calcular los valores de R_1, R_2 y Re, para que el punto de reposo del transistor sea: Vce = 5,6 V; Ic = 35 mA; V_B = 6,3 V y la corriente del divisor formado por R_1 y R_2 ha de ser 10 veces mayor que la Ib. Se sabe que la h_{FE} = 70 y que V_C = 12 V.

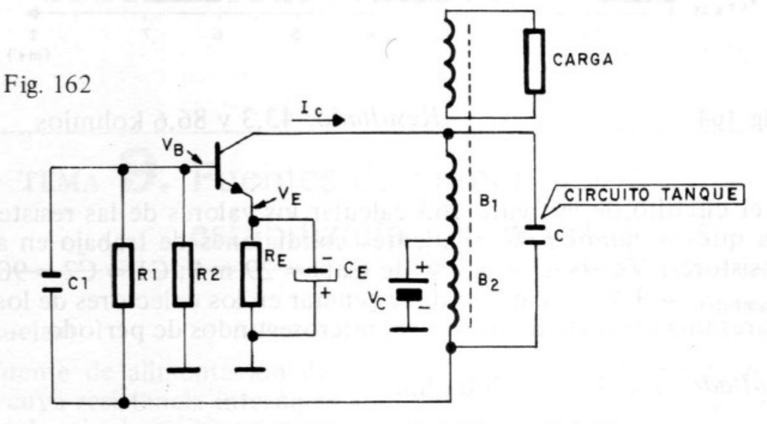


Fig. 162

Resultado: 183 Ω; 1.260 Ω y 1.140 Ω

(3) En el multivibrador inestable de la figura 163, el transistor T2 conducirá un tiempo t2 = 0,7 · R2 · C2 segundos y el transistor T1 un tiempo t1 = 0,7 · R3 · C1, teniendo en cuenta que C1 = C2 = 33 kpF. Calcular los valores de R2 y R3 para que la tensión del colector del transistor T2, tenga la forma de onda de la figura 164.

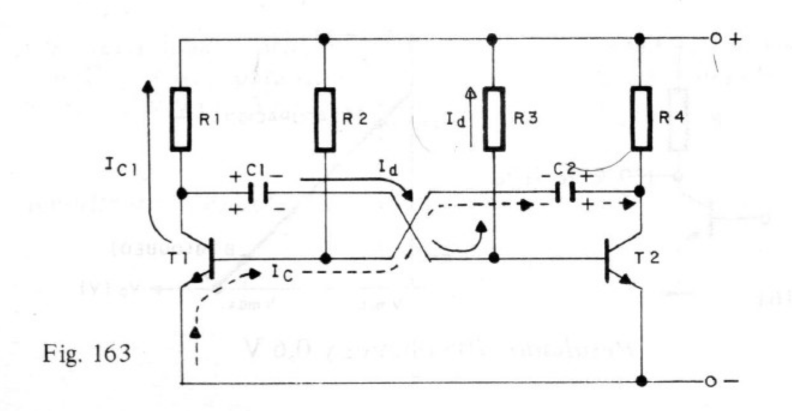


Fig. 163

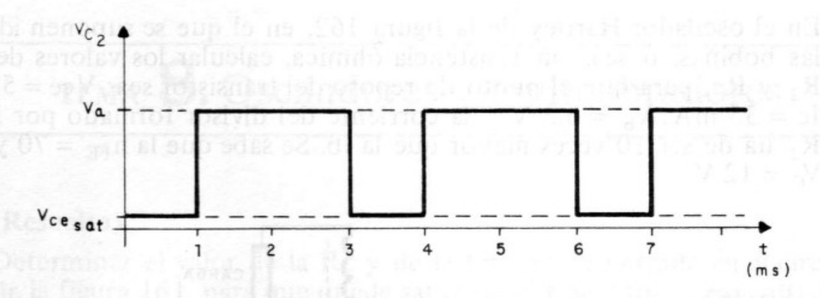


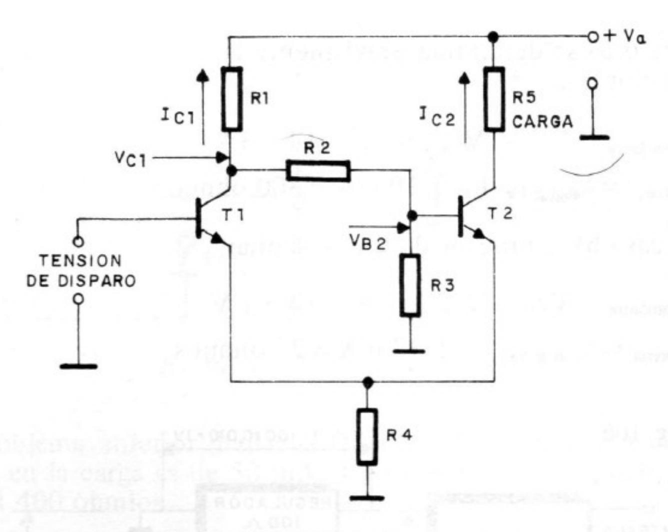
Fig. 164

Resultado: 43,3 y 86,6 kohmios

(4) En el circuito de la figura 163 calcular los valores de las resistencias, para que se cumplan las siguientes condiciones de trabajo en ambos transistores: Vce (sat) = 0,3 V; Ic (sat) = 29 mA; C1 = C2 = 90 pF y $V_{alimentación}$ = 9 V. Además se debe generar en los colectores de los transistores una onda cuadrada de 180 microsegundos de período.

Resultado: 1,4 Mohm y 300 ohm

(5) El Disparador de Schmitt de la figura 165 se "dispara" (T1 en ON y T2 en OFF), cuando la tensión de disparo es igual o superior a R3 · Va/(R1 + R2 + R3). Se desconecta (T1 en OFF y T2 en ON) cuando la tensión de disparo no alcanza el valor de R4 · Va/(R1 + R4). Determinar los valores de las resistencias del circuito, conociendo Va = 24 V; Vce(sat) = 0,4 V; Ic_1 = Ic_2 = 70 mA; $V_{DISPARO}$ = 5 V y $V_{REPOSICION}$ = 4 V. Por otra parte se sabe que R3 = 1,5 · R2.



Resultado: 337; 67,4; 71 y 107 ohmios

Fig. 165

TEMA 9. Fuentes de alimentación estabilizada y convertidores

(1) **(Resuelto)**

La fuente de alimentación de la figura 166 posee un circuito regulador, cuya resistencia interna es variable. Determinar el valor de la misma en los siguientes supuestos:

a) Que la tensión de entrada suba a 17 V con una I = 10 mA.

b) Que la carga tenga un consumo de 37 mA.

Solución

De forma general, se puede considerar, que el regulador de la figura 166 varía su resistencia interna con la finalidad de mantener constante la tensión en la salida (CARGA).

En el caso a) se determina previamente la tensión que debe quedar en el regulador.

$V_{Regulador} = Vcc - V_{Carga} = 17 - 14 = 3\ V$

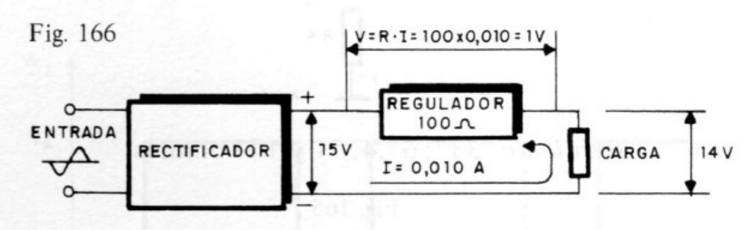
$R_{interna} = V_{regulador} / I = 3/10\ mA = 300$ ohmios

Para el caso b) se procede de forma similar.

$V_{Regulador} = Vcc - V_{Carga} = 15 - 14 = 1\ V$

$R_{interna} = V_{regulador} / I = 1/37\ mA = 27$ ohmios

Fig. 166



Resultado: 300 y 27 ohmios

(2) **(Resuelto)**

En el circuito estabilizador de la figura 167 se aplican 15 V a su entrada, siendo, respectivamente, la tensión y la corriente del diodo Zener 9 V y 25 mA. Suponiendo que Iz es mucho mayor que la Ib del transistor, calcular el valor de R1.

Solución

Hay que calcular la resistencia que alimenta al diodo Zener, para que ejerza su función estabilizadora. Primero se calcula la tensión que absorbe dicha resistencia.

$V_{R1} = V_{entrada} - Vz = 15 - 9 = 6\ V$

Como la corriente por la resistencia es muy aproximada a la del Zener, se tiene que:

$V_{R1} = R1 \cdot Iz$; de donde

$R1 = V_{R1} / Iz = 6/0,025 = 240$ ohmios

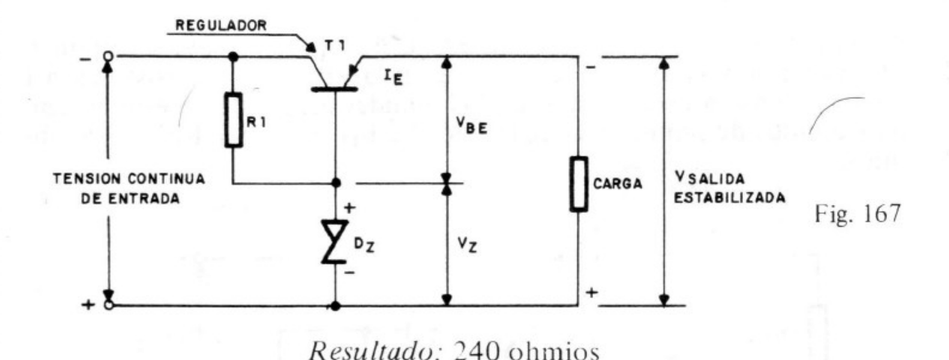


Fig. 167

Resultado: 240 ohmios

(3) En el problema anterior, hallar la tensión a la salida del mismo, si la corriente en la carga es de 50 mA. También se conoce que $h_{FE} = 120$ y Rbe = 1.400 ohmios.

Resultado: 9,6 V

(4) Determinar el valor de las resistencias R1 y R2 en el circuito de la figura 168, teniendo en cuenta las siguientes condiciones de funcionamiento:

Tensión en R1 = 3 V.

Tensión en la entrada = 19 V.

Tensión del diodo Zener = 15,5 V.

Corriente en el Zener y en R2 (se supone despreciable Ib) = 10 mA.

Potencia disipada en la carga = 13 W.

Corriente de colector = 150 mA.

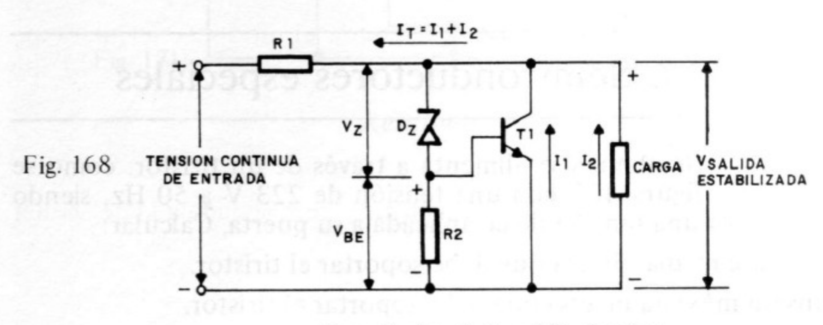


Fig. 168

Resultado: 3,1 y 50 ohmios

(5) En el circuito convertidor de cc en cc de la figura 169, se suponen ideales los bobinados y se desea averiguar la Vbe de los transistores, así como la tensión en cada uno de los semidevanados de 28 espiras, con 316 ohmios de impedancia cada uno. La $h_{FE} = 70$ y la Rbe = 900 ohmios.

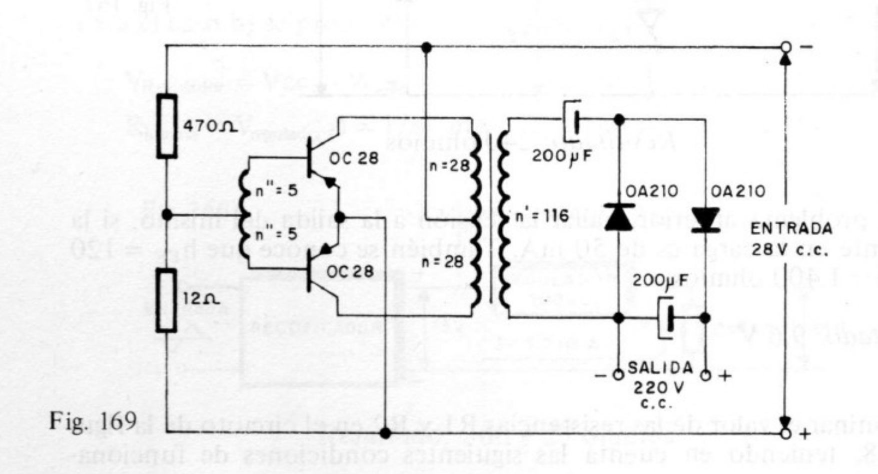


Fig. 169

Resultado: 0,7 V y 17 V

TEMA 10. Semiconductores especiales

(1) Una carga de 70 ohmios se alimenta a través de un tiristor, como se muestra en la figura 170 con una tensión de 223 V a 50 Hz, siendo controlado por una tensión de cc aplicada a su puerta. Calcular:

a) Corriente media directa que debe soportar el tiristor.

b) Tensión máxima inversa que debe soportar el tiristor.

c) Forma de onda de la tensión en la carga.

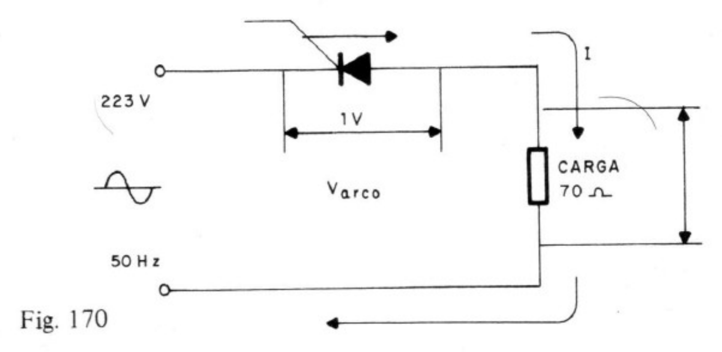


Fig. 170

Resultado: 1,4 A y –311 V

(2) En el circuito de la figura 171 se desea calcular la capacidad del condensador para que produzca un impulso que dispare el tiristor en los picos positivos de la c.a. de 220 V y 50 Hz. Datos conocidos: P = = 230 kohm; R = 10 kohm; $V_{DISPARO}$ = 6 V (UJT) y V_A = 10 V.

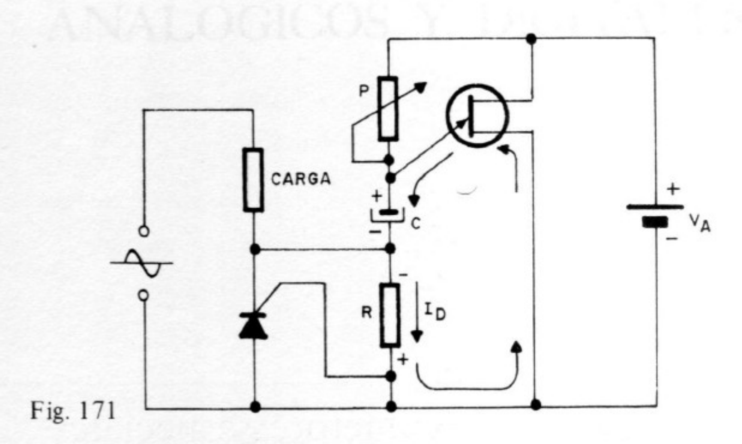


Fig. 171

Resultado: 83 kpF

Cuarta parte

CIRCUITOS INTEGRADOS ANALOGICOS Y DIGITALES

TEMA 1. Amplificadores operacionales

Documentación teórica

Para resolver los problemas que se proponen en este apartado, se recomienda consultar los temas teóricos de las lecciones 3, 4, 5, 6 y 7 del tomo 6 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL.

(1) **(Resuelto)**

En el circuito de la figura 172, el A.O. (Amplificador Operacional) trabaja de forma ideal como inversor, o sea, con realimentación negativa. Si la resistencia de realimentación Rr vale 500.000 ohmios, calcular el valor de Re para que al aplicar en la entrada 0,1 V, se obtenga a la salida 5 V.

Solución

Por tratarse de un A.O. ideal, la fórmula de la ganancia es:

$G = Vs/Ve = -Rr/Re$

El signo menos de la fórmula anterior, se debe al desfase existente entre las señales de entrada y salida.

Como en este ejercicio Vs = 5 V y Ve = 0,1 V, se deduce:

$G = Vs/Ve = 5/0,1 = 50$

Conocida G, ya se puede obtener Re.

$G = 50 = -Rr/Re = -500.000/Re$

$Re = 500.000/50 = 10.000$ ohmios

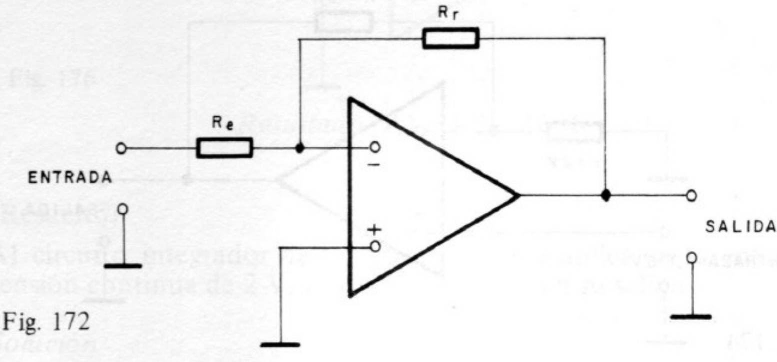


Fig. 172

Resultado: 10.000 ohmios

(2) En el circuito de la figura 172 se conoce que la ganancia G vale 100 y que Re = 1.000 ohmios. Averiguar el valor de la resistencia de realimentación Rr, si el A.O. funciona en forma ideal.

Resultado: 100.000 ohmios

(3) Averiguar la ganancia del circuito de la figura 173, considerando los valores de las tensiones, que con respecto a masa, existen en las entradas y salidas del A.O. que, trabajando en bucle abierto, aparecen indicadas en dicha figura.

Resultado: 4.930

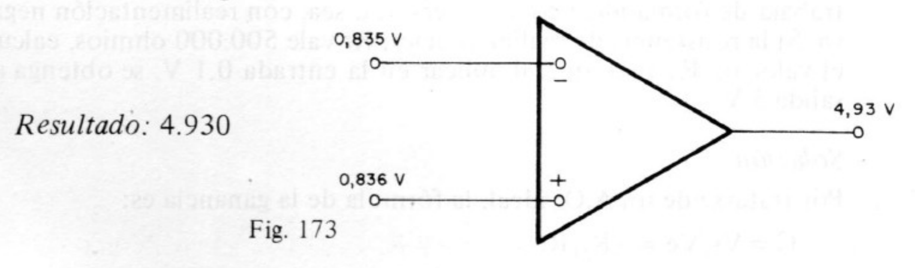


Fig. 173

(4) **(Resuelto)**

En la figura 174 se presenta un A.O. en un montaje como amplificador no inversor. Hallar el valor de la tensión de salida.

Solución

Vs/Ve = (1 + R/r), de donde se deduce:

Vs = Ve (1 + R/r) = 1,178 (1 + 10.000/2.000)

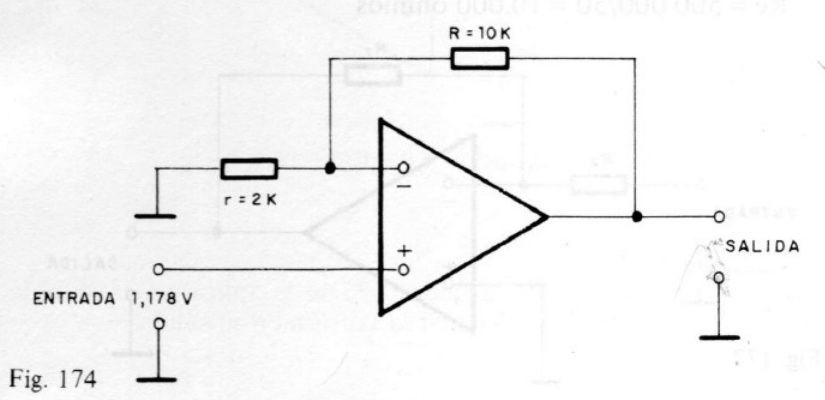


Fig. 174

Resultado: Vs = 7,068 V

(5) En la figura 175 se presenta un circuito sumador, basado en un A.O. Hallar el valor de la tensión de salida.

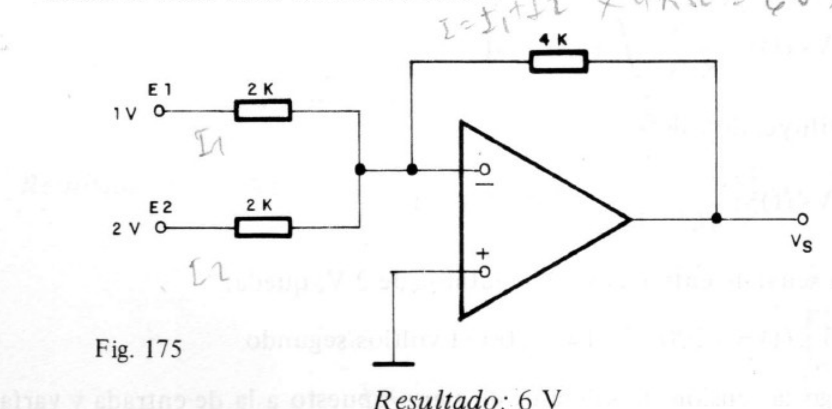


Fig. 175

Resultado: 6 V

(6) Calcular el valor de las dos resistencias desconocidas de la figura 176, si a la salida del circuito se obtiene la suma exacta de las tensiones de entrada, en fase opuesta.

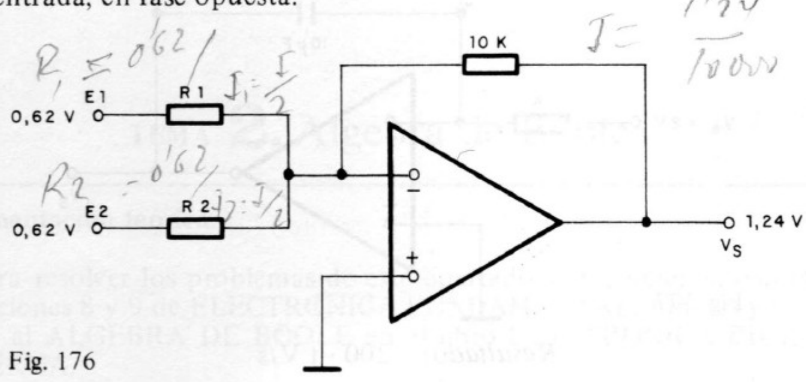


Fig. 176

Resultado: R1 = R2 = 10 K

(7) **(Resuelto)**

Al circuito integrador de la figura 177 se le aplica en su entrada una tensión continua de 2 V. Calcular la tensión en su salida.

Solución

Suponiendo que el condensador comience el ciclo de trabajo descarga-

do, se sabe que Vs (t) = Vs (0) = 0, en el inicio. Aplicando la fórmula del circuito integrador:

$$Vs\,(t) = \frac{-1}{R \cdot C} \int Ve\,(t) \cdot dt$$

Sustituyendo valores,

$$Vs\,(t) = \frac{-1}{10^3 \cdot 10^{-5}} \int Ve\,(t) \cdot dt$$

Si la señal de entrada es una continua de 2 V, queda:

$$Vs\,(t) = -100 \cdot 2 \cdot t = -200 \cdot t \text{ voltios/segundo}$$

Luego la tensión de salida es de signo opuesto a la de entrada y varía proporcionalmente al tiempo.

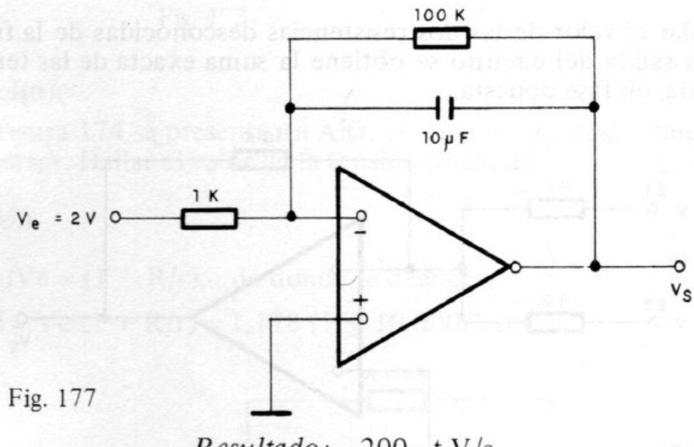


Fig. 177

Resultado: −200 · t V/s

(8) Si en el problema anterior, se eleva 100 veces el valor del condensador, averiguar la nueva tensión de salida.

Resultado: −2 · t V/s

(9) En el amplificador de corriente presentado en la figura 178, la corriente que pasa por la carga I_2 = 7 mA, mientras que la entrada I_1 = 2 mA. Averiguar el valor de R_2.

Resultado: $R_2 = 3K5$

Fig. 178

TEMA 2. Algebra de Boole

Documentación teórica

Para resolver los problemas de este apartado se recomienda consultar las lecciones 8 y 9 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL, tomo 6 y la destinada al ALGEBRA DE BOOLE en el libro ELECTRONICA DIGITAL MODERNA.

1 (Resuelto)

Dados los conjuntos A, B y C, mostrados en la figura 179, calcular de las siguientes operaciones lógicas:

1. $A \cdot B \cdot \overline{C}$
2. $A + \overline{B} + \overline{C}$
3. $\overline{A} \cdot B + C$

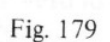


Fig. 179

su representación gráfica, su representación eléctrica y su representación lógica.

Solución

Véase las figuras 180, 181 y 182.

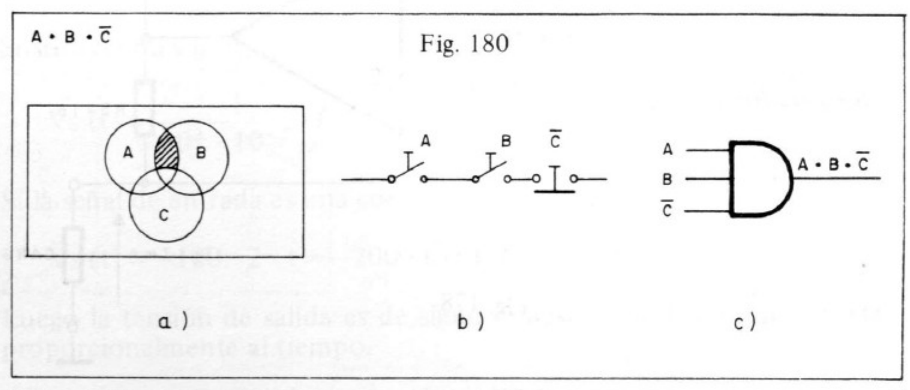


Fig. 180

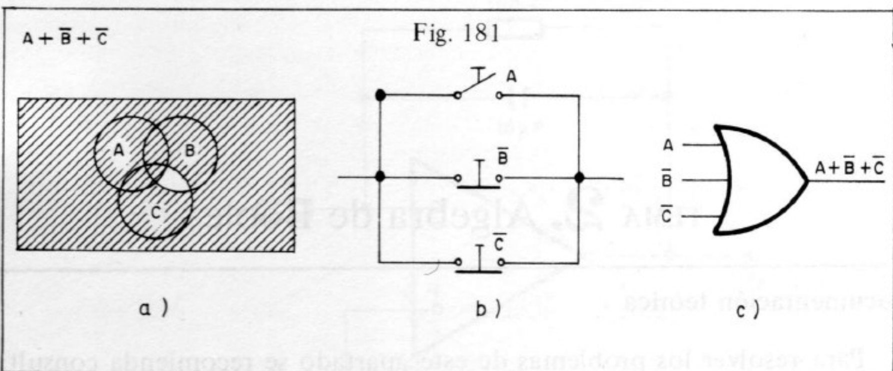


Fig. 181

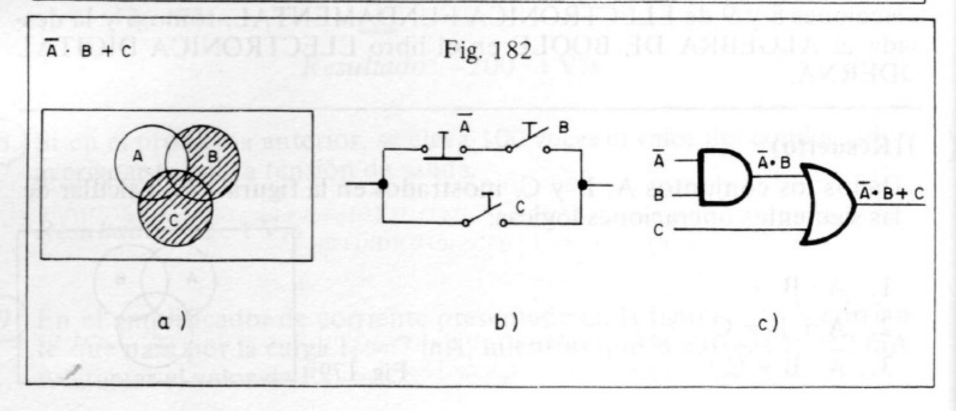


Fig. 182

(2) **(Resuelto)**

Configurar la tabla de verdad correspondiente a la ecuación lógica:

$$X = A \cdot \overline{B} + \overline{C}$$

Solución

Véase la figura 183.

A	B	C	$A \cdot \overline{B} + \overline{C}$
0	0	0	1
1	0	0	1
0	1	0	1
0	0	1	0
1	1	0	1
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	1	0

Fig. 183

(3) Dada la ecuación lógica: $X = A \cdot \overline{B} + C \cdot D$, calcular:

a) Tabla de verdad.

b) Representación eléctrica de la ecuación.

c) Representación lógica de la ecuación.

(4) Dibujar la tabla de verdad y la representación lógica de la función lógica NOR: $\overline{A + B + C}$.

(5) Simplificar la siguiente ecuación:

$$M = A \cdot B \cdot \overline{C} + A \cdot B \cdot C + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$$

Resultado: $A\,(B + \overline{B} \cdot \overline{C})$

(6) **(Resuelto)**

Una bomba B es controlada desde 3 interruptores, A, B y C, de forma que funciona cuando 2 y sólo 2 interruptores se cierran. Determinar el diagrama eléctrico y lógico de este automatismo.

Solución

En principio se confecciona la tabla de verdad que gobierna el automatismo y que se muestra en la figura 184.

A	B	C	BOMBA
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
1	1	0	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	0

Fig. 184

De la tabla de verdad se deduce la ecuación de la bomba, que funciona en 3 de las 8 posibles combinaciones presentadas en la tabla de verdad, concretamente en la 5.ª, 6.ª y 7.ª. La ecuación de la bomba es igual a la suma lógica de las combinaciones que la ponen en funcionamiento, o sea:

$$B = A \cdot B \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot B \cdot C + A \cdot \overline{B} \cdot C$$

La siguiente fase consiste en la simplificación de la ecuación, que en este caso no se lleva a cabo, pasando así a la representación eléctrica de la misma, ofrecida en la figura 185.

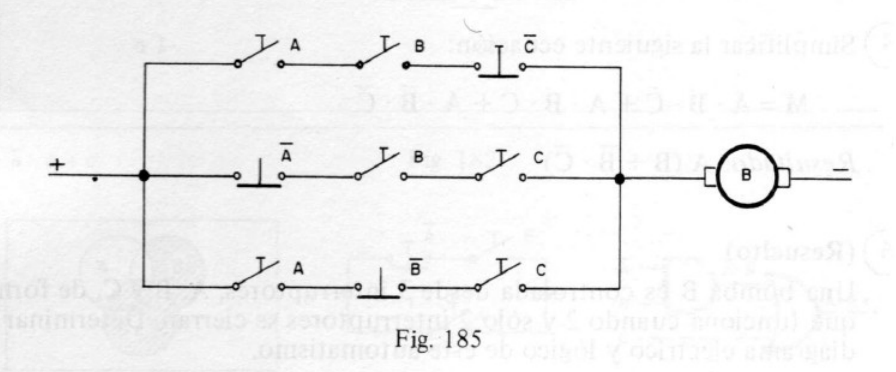


Fig. 185

Finalmente, en la figura 186 se muestra el diagrama lógico del automatismo.

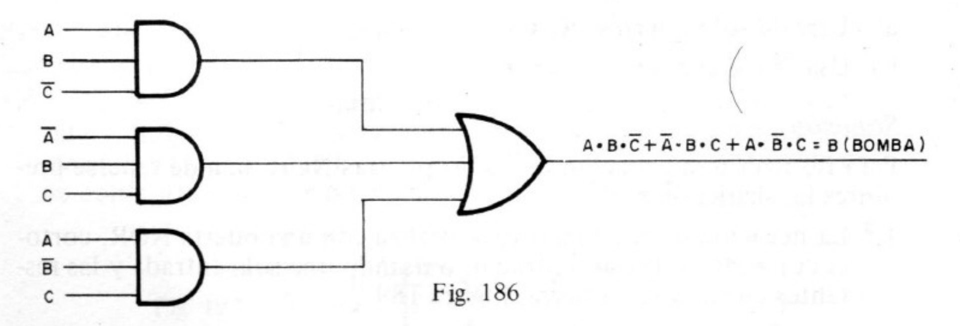


Fig. 186

(7) El motor del limpiaparabrisas de un coche, M, se pone en marcha cuando estando cerrada la llave de contacto, C, se conecta el interruptor del limpiaparabrisas, L. Sin embargo, al desconectar L, el motor sigue funcionando hasta que la escobilla no llega al punto de reposo, que lo detecta un microrruptor, o fin de carrera, R. Averiguar la ecuación lógica simplificada del motor M.

Resultado: $M = C\,(L + \overline{R})$

(8) Dibujar los diagramas eléctrico y lógico de la ecuación correspondiente al problema anterior.

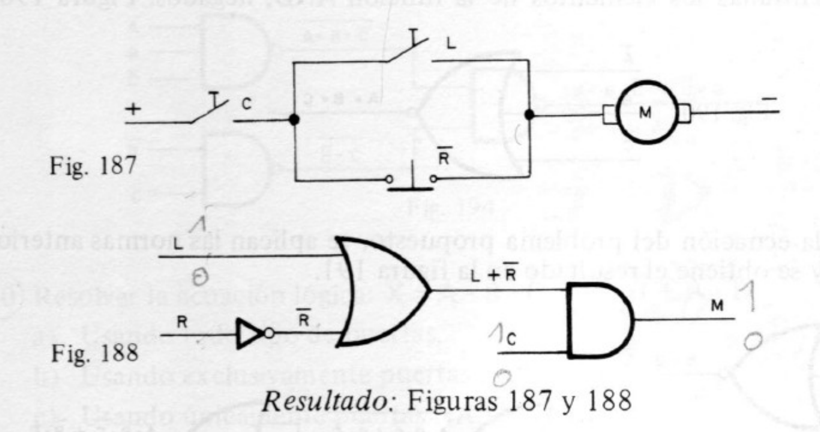


Fig. 187

Fig. 188

Resultado: Figuras 187 y 188

(9) **(Resuelto)**

Utilizando el teorema de Morgan, resolver la ecuación:

$$X = A \cdot B \cdot \overline{C} + \overline{B} \cdot C$$

a) Usando sólo puertas NOR.

b) Usando sólo puertas NAND.

Solución

Para resolver una ecuación con sólo puertas NOR, han de tenerse presentes las siguientes reglas:

1.ª La negación de un conjunto se realiza con una puerta NOR, cortocircuitando todas sus entradas, o usando una sola entrada y las restantes enviándolas a tierra. Figura 189.

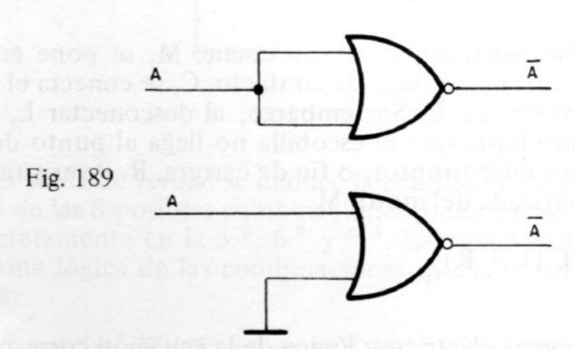


Fig. 189

2.ª Una función AND se implementa con una NOR, metiendo en sus entradas los elementos de la función AND, negados. Figura 190.

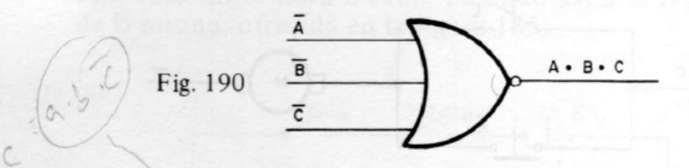


Fig. 190

En la ecuación del problema propuesto, se aplican las normas anteriores y se obtiene el resultado en la figura 191.

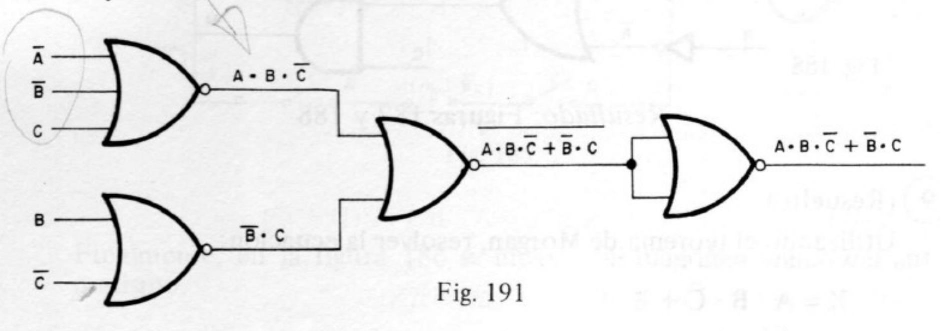


Fig. 191

Para resolver una ecuación con sólo puertas NAND, téngase en cuenta las siguientes normas:

1.ª La negación de un conjunto mediante una puerta NAND, se consigue aplicándole a todas las entradas cortocircuitadas, o a una sola, dejando las restantes sin conectar (en lógica TTL una patita al aire, se comporta como un nivel lógico alto). Figura 192.

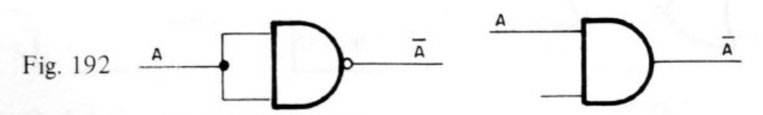


Fig. 192

2.ª Se logra implementar una función OR con una puerta NAND, metiendo en sus entradas los elementos negados, como se refleja en la figura 193.

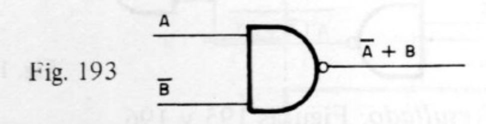


Fig. 193

Aplicando las reglas comentadas a la ecuación del presente problema, se alcanza el diagrama de la figura 194.

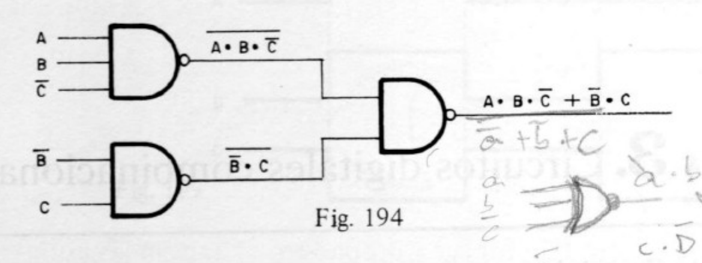


Fig. 194

(10) Resolver la ecuación lógica: $X = A \cdot B \cdot \overline{C} + C \cdot \overline{D} + A \cdot D$

a) Usando todo tipo de puertas.

b) Usando exclusivamente puertas NOR.

c) Usando únicamente puertas NAND.

(11) Resolver la ecuación lógica: $X = A \cdot B + A\,(\overline{D} + C)$

a) Usando sólo puertas NOR.

b) Usando exclusivamente puertas NAND.

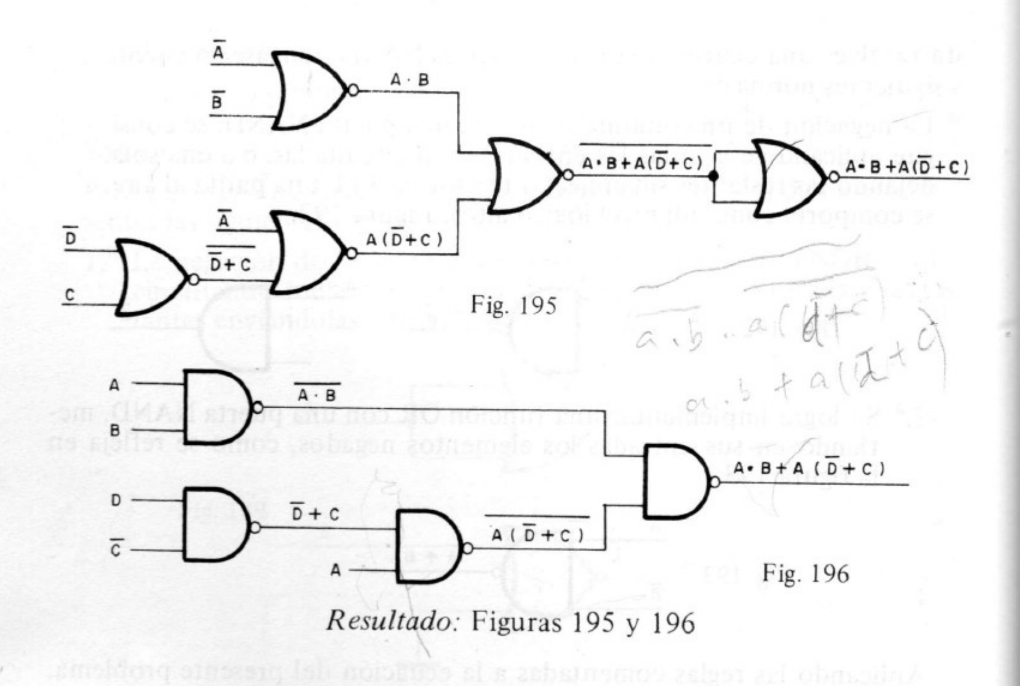


Fig. 195

Fig. 196

Resultado: Figuras 195 y 196

TEMA **3.** Circuitos digitales combinacionales

Documentación teórica

Se recomienda al lector consultar los capítulos que se dedican a este tema en el tomo 6 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL y en la obra ELECTRONICA DIGITAL MODERNA.

---

(1) **(Resuelto)**

Dibujar el diagrama de tiempos correspondiente a los puntos A, B y C del diagrama lógico mostrado en la figura 197, cuando se aplica a sus entradas E1 y E2, los niveles lógicos dibujados en la figura 198.

E 1

E 2

A

B

C

Fig. 197

E 1

E 2

Fig. 198

E 1

E 2

A

B

C

Solución

Véase la figura 199.

Fig. 199

(2) Completar el diagrama de tiempos de la figura 201, que corresponde al circuito de la figura 200.

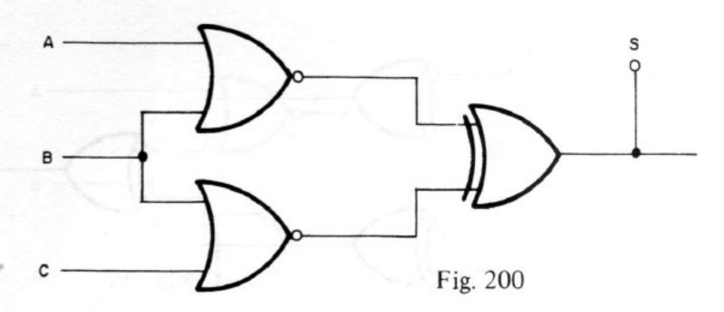


Fig. 200

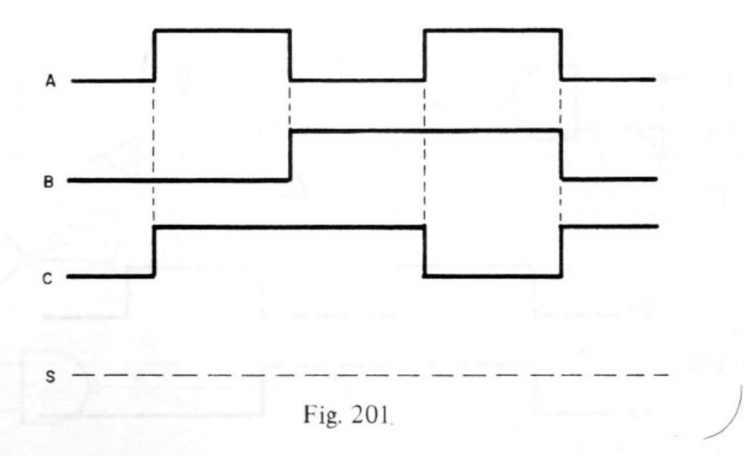


Fig. 201

(3) Si las entradas A y B están conectadas a tierra y C y D a nivel alto, en el circuito de la figura 202, indicar el nivel que habrá en la salida.

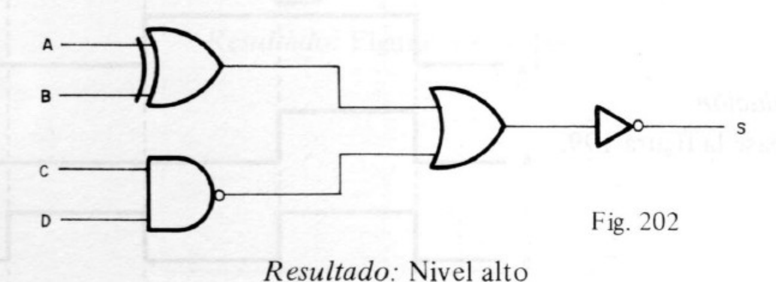


Fig. 202

Resultado: Nivel alto

(4) Indicar el estado en que se deben encontrar los interruptores de la figura 203, para que a la salida del circuito lógico exista un nivel bajo.

Nota: Pueden existir varias soluciones.

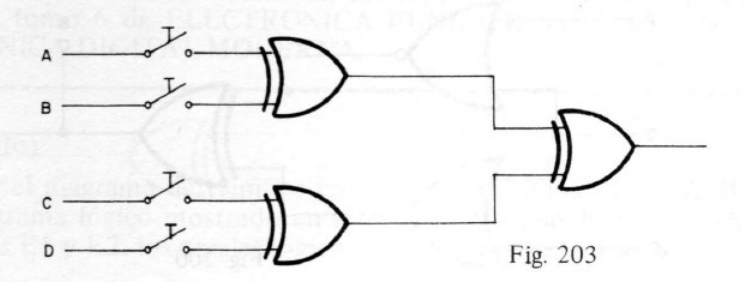


Fig. 203

(5) Teniendo en cuenta el circuito de la figura 204, rellenar la tabla de la verdad que se presenta en la figura 205.

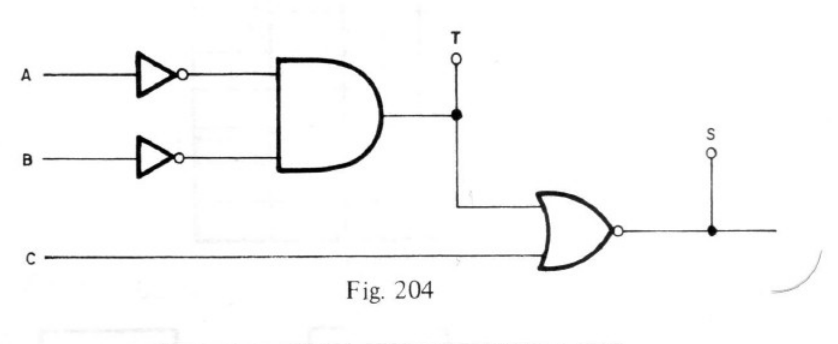


Fig. 204

A	B	C	T	S
0	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	1
0	0	1	1	0
1	1	0	0	1
0	1	1	0	0
1	0	1	0	0
1	1	1	0	0

Fig. 205

(6) Con referencia al circuito que se ofrece en la figura 206, completar la tabla de la verdad de la figura 207 y el diagrama de tiempos de la figura 207-bis.

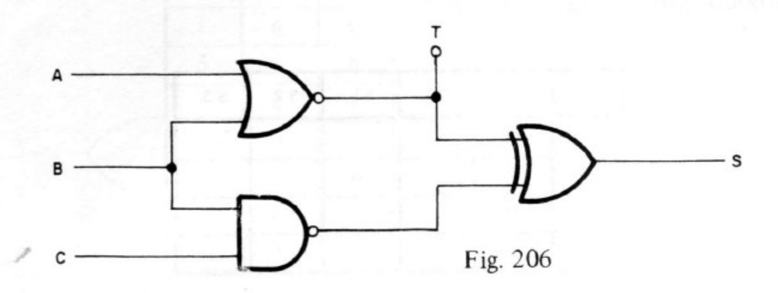


Fig. 206

A	B	C	T	S
0	0	0		
1	0	0		
0	1	0		
0	0	1		
1	1	0		
0	1	1		
1	0	1		
1	1	1		

Fig. 207

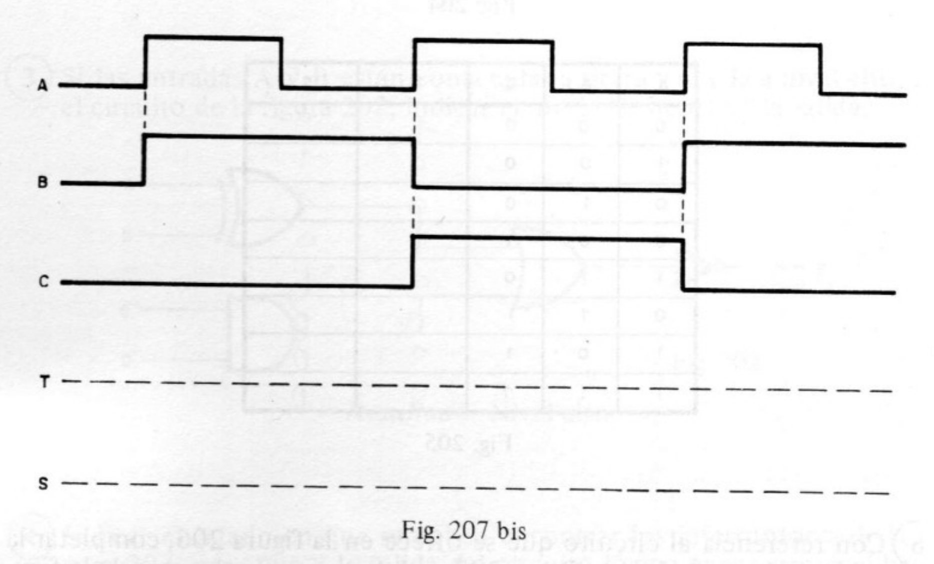


Fig. 207 bis

(7) Rellenar la tabla de verdad de la figura 208, correspondiente al circuito lógico que en ella se presenta.

A	B	S 0	S 1	S 2	S 3
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	0
1	1	0	[illegible]	0	1

Fig. 208 *a*)

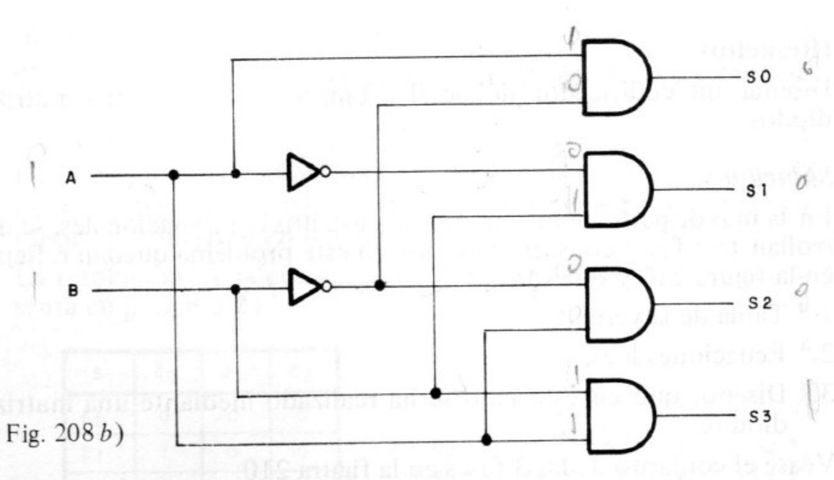


Fig. 208 *b*)

(8) En la figura 209 se muestra el esquema de un restador completo. Rellenar la tabla de la verdad que aparece en dicha figura.

Fig. 209

A	B	C	RESTA	LLEVADA
0	0	0		
1	0	0		
0	1	0		
0	0	1		
1	1	0		
0	1	1		
1	0	1		
1	1	1		

(9) (Resuelto)

Diseñar un codificador de octal a binario, mediante una matriz de diodos.

Solución

En la mayor parte de los diseños de circuitos combinacionales, se desarrollan tres fases consecutivas, que en este problema quedan reflejadas en la figura 210 y que son:

1.ª Tabla de la verdad.

2.ª Ecuaciones lógicas.

3.ª Diseño, que en este caso se ha realizado mediante una matriz de diodos.

Véase el conjunto de las 3 fases en la figura 210.

$$S_0 = E_1 + E_3 + E_5 + E_7$$

$$S_1 = E_2 + E_3 + E_6 + E_7$$

$$S_2 = E_4 + E_5 + E_6 + E_7$$

ENTRADAS	SALIDAS		
	S_2	S_1	S_0
E_0 (0)	0	0	0
E_1 (1)	0	0	1
E_2 (2)	0	1	0
E_3 (3)	0	1	1
E_4 (4)	1	0	0
E_5 (5)	1	0	1
E_6 (6)	1	1	0
E_7 (7)	1	1	1

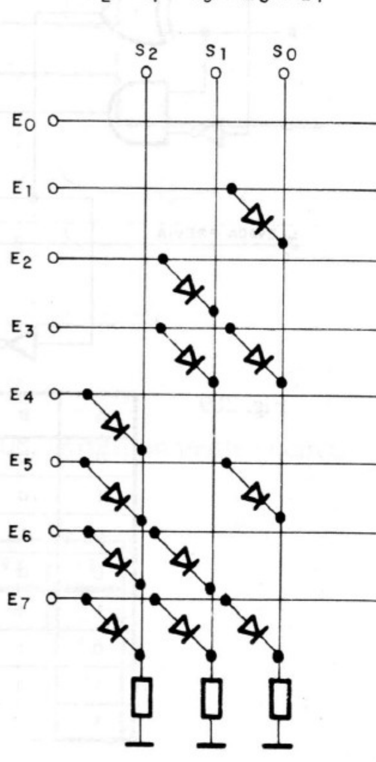


Fig. 210

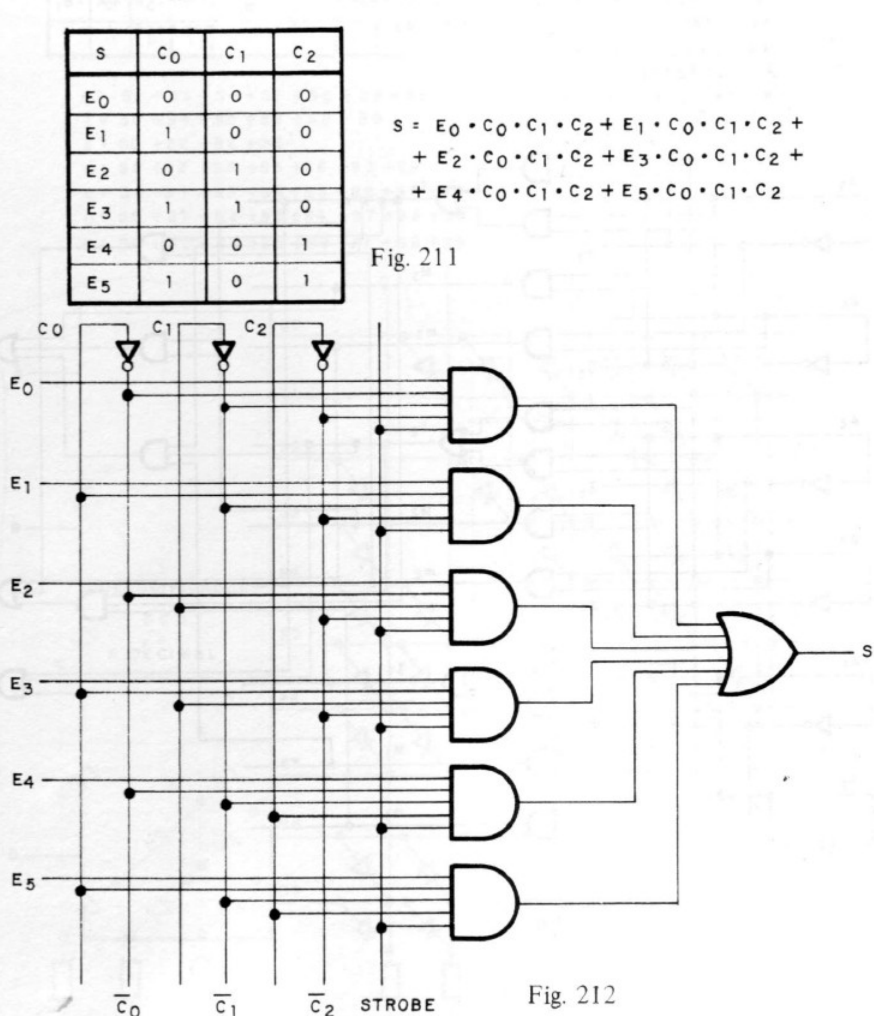
(10) (Resuelto)

Diseñar, a base de puertas lógicas, un multiplexor de 6 entradas.

Solución

La tabla de la verdad expresa cuál es la entrada que aparece a la salida del multiplexor, S. Dicha tabla, junto a la ecuación que se deriva de la misma, se muestran en la figura 211.

La resolución de la ecuación de S, mediante puertas lógicas, se representa en la figura 212.



S	C_0	C_1	C_2
E_0	0	0	0
E_1	1	0	0
E_2	0	1	0
E_3	1	1	0
E_4	0	0	1
E_5	1	0	1

$$S = E_0 \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 + E_1 \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 + E_2 \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 + E_3 \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 + E_4 \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 + E_5 \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_2$$

Fig. 211

Fig. 212

A_3	B_3	M_3	I_3	m_3
0	0	0	1	0
1	0	1	0	0
0	1	0	0	1
1	1	0	1	0

$M_3 = A_3 \cdot \overline{B}_3$

$I_3 = \overline{A}_3 \cdot \overline{B}_3 + A_3 \cdot B_3$

$m_3 = \overline{A}_3 \cdot B_3$

$M = M_3 + I_3 \cdot M_2 + I_3 \cdot I_2 \cdot M_1$

$I = I_3 \cdot I_2 \cdot I_1$

$m = m_3 + I_3 \cdot m_2 + I_3 \cdot I_2 \cdot m_1$

A_2	B_2	M_2	I_2	m_2
0	0	0	1	0
1	0	1	0	0
0	1	0	0	1
1	1	0	1	0

$M_2 = A_2 \cdot \overline{B}_2$

$I_2 = \overline{A}_2 \cdot \overline{B}_2 + A_2 \cdot B_2$

$m_2 = \overline{A}_2 \cdot B_2$

A_1	B_1	M_1	I_1	m_1
0	0	0	1	0
1	0	1	0	0
0	1	0	0	1
1	1	0	1	0

$M_1 = A_1 \cdot \overline{B}_1$

$I_1 = \overline{A}_1 \cdot \overline{B}_1 + A_1 \cdot B_1$

$m_1 = \overline{A}_1 \cdot B_1$

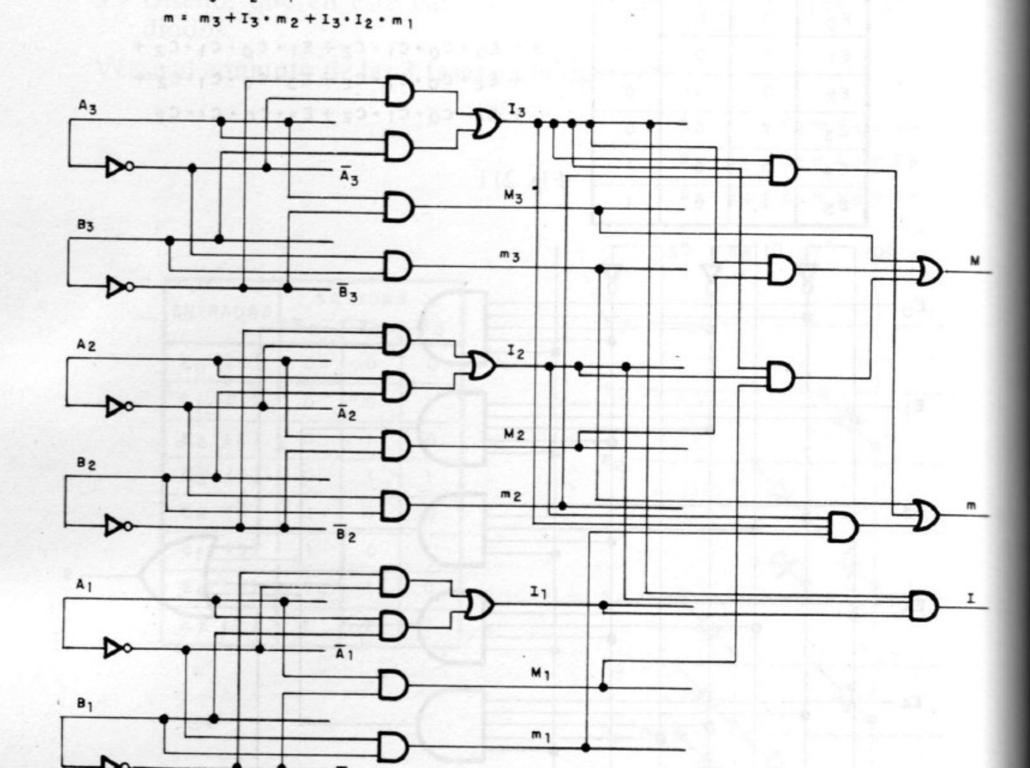
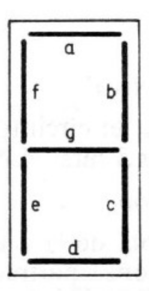


Fig. 213

D 2^3	C 2^2	B 2^1	A 2^0	DECIMAL	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	2	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	3	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	4	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	5	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	6	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	7	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	8	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	9	1	1	1	1	0	1	1



g = S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S8 + S9
f = S0 + S4 + S5 + S6 + S8 + S9
e = S0 + S2 + S6 + S8
d = S0 + S2 + S3 + S5 + S6 + S8 + S9
c = S0 + S1 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9
b = S0 + S1 + S2 + S3 + S4 + S7 + S8 + S9
a = S0 + S2 + S3 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9

DECODIFICADOR BCD A DECIMAL

Fig. 214

(11) **(Resuelto)**

Diseñar el circuito lógico de un comparador de dos números compuestos por 3 bits: el A (A_3, A_2, A_1) y el B (B_3, B_2, B_1).

Solución

La tabla de la verdad para la comparación de cada pareja de bits, las ecuaciones pertinentes para la determinación del bit mayor, menor e igual (M, m e I) y el diagrama lógico que resuelve dichas ecuaciones, aparecen reflejadas en la figura 213.

(12) **(Resuelto)**

Diseñar un codificador de BCD a 7 segmentos, usando un decodificador BCD a decimal y una matriz de diodos.

Solución

Véase la figura 214.

(13) **(Resuelto)**

Diseñar un detector de paridad de 12 bits.

Solución

Véase la figura 215.

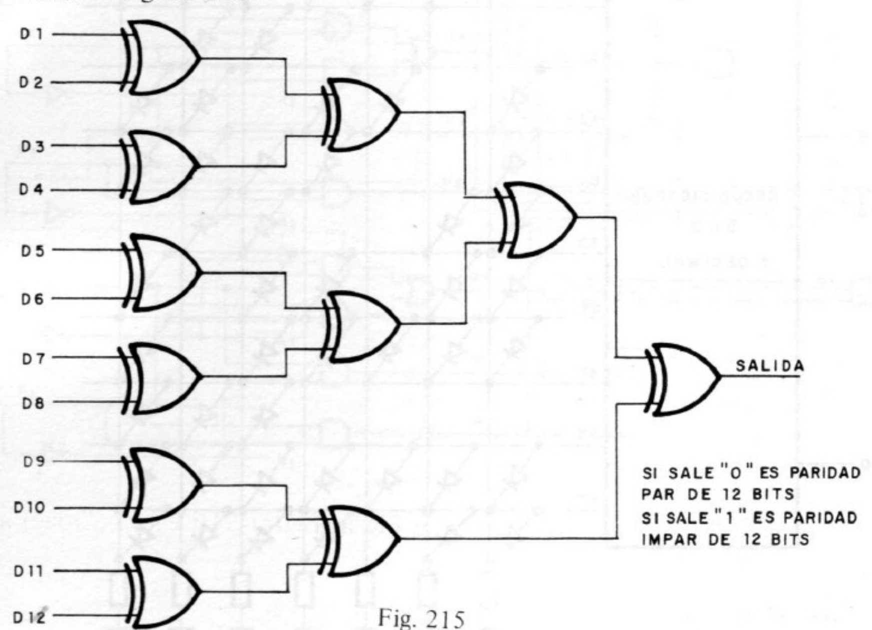


Fig. 215

TEMA 4. Circuitos digitales secuenciales

Documentación teórica

Capítulos dedicados a flip-flop, Registros y Contadores del tomo 6 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL y de la obra ELECTRONICA DIGITAL MODERNA.

---

(1) Dado el flip-flop R-S de la figura 216, completar el diagrama de tiempos que en ella aparece.

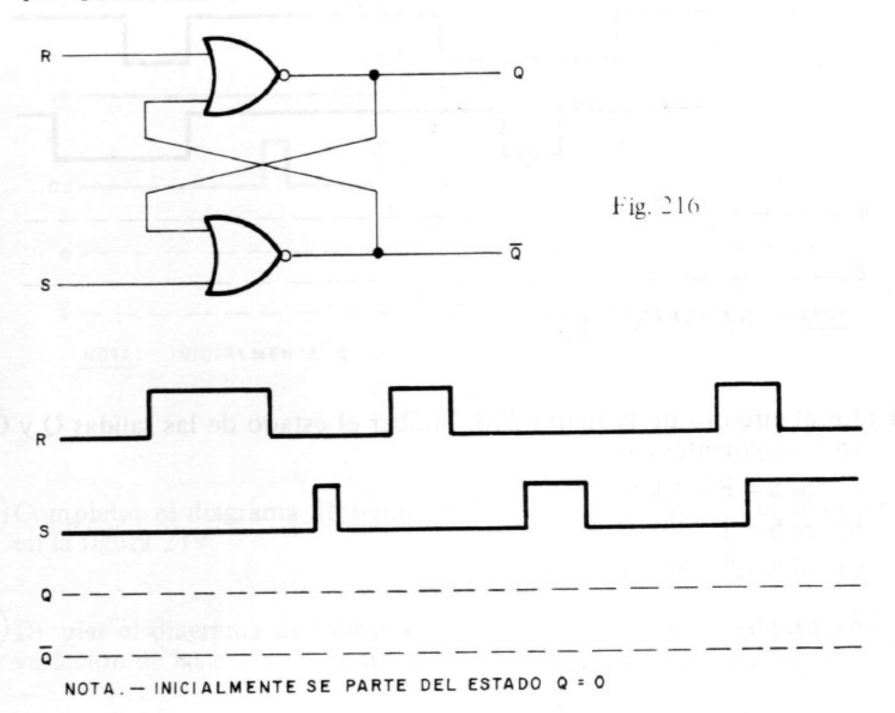
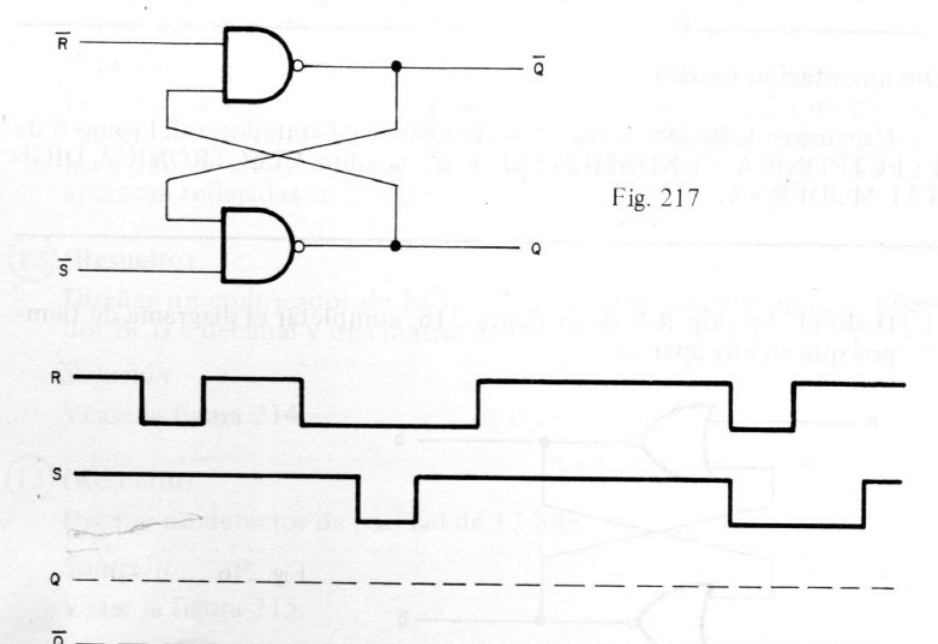


Fig. 216

(2) Si las entradas R y S del flip-flop de la figura 216 están a nivel alto, ¿cuál es el estado de Q y $\overline{Q}$?

Resultado: $Q = \overline{Q} = 0$

(3) Completar el diagrama de tiempos de la figura 217, correspondiente a un flip-flop R-S con puertas NAND.



(4) En el circuito de la figura 218, indicar el estado de las salidas Q y $\overline{Q}$, en los siguientes casos:

a) Si S = R = Ck = 0.

b) Si S = 1; R = 0 y Ck = 0.

c) Si S = 0; R = 1 y Ck = 1.

Resultado:

a) El estado anterior.

b) El estado anterior.

c) Q = 0 y $\overline{Q}$ = 1

(5) Completar el diagrama de tiempos en la figura 218, que corresponde a un flip-flop R-S con puertas NAND, síncrono.

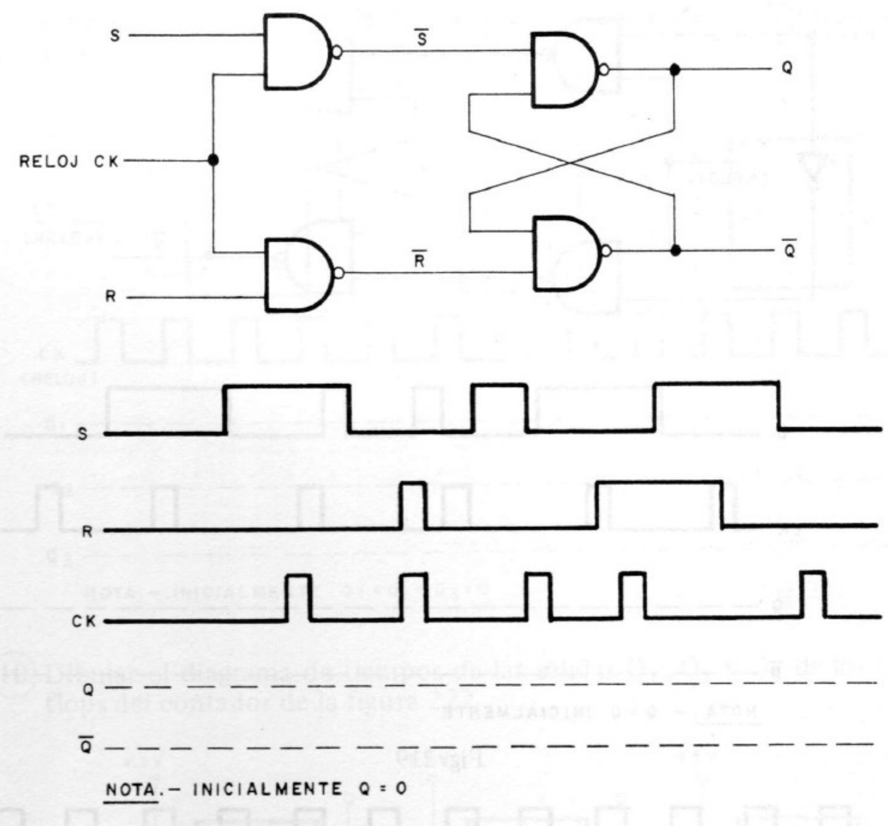


Fig. 218

(6) Completar el diagrama de tiempos de la báscula tipo D, que aparecen en la figura 219.

(7) Dibujar el diagrama de tiempos de la figura 220, correspondiente a la variación de las entradas de un flip-flop J-K.

(8) Si las entradas J y K de un flip-flop J-K se mantienen a nivel lógico alto y se aplican 100 impulsos de reloj, calcular el número de veces que Q = 0. Inicialmente se parte con Q = 1.

Resultado: 50

D

CK
(RELOJ)

Q

$\overline{Q}$

D

CK

Q

$\overline{Q}$

NOTA. — Q = 0 INICIALMENTE

Fig. 219

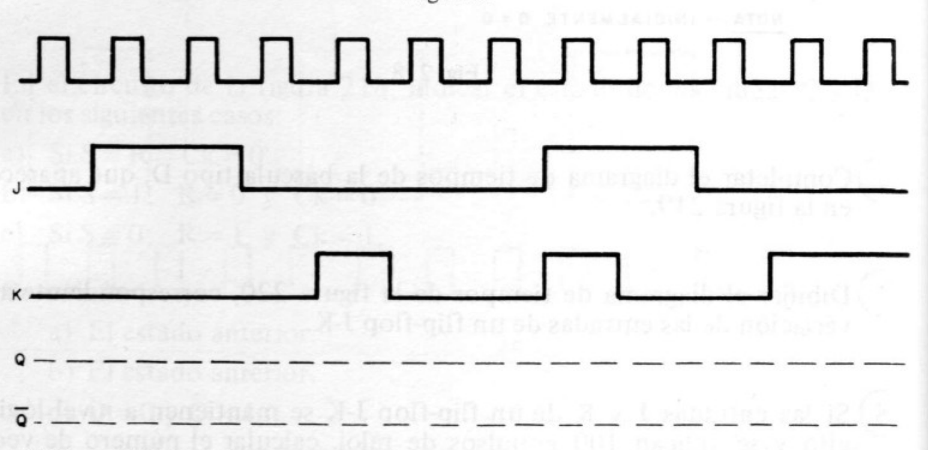


Fig. 220

(9) Completar el diagrama de tiempos de las salidas de los flip-flops del contador de la figura 221.

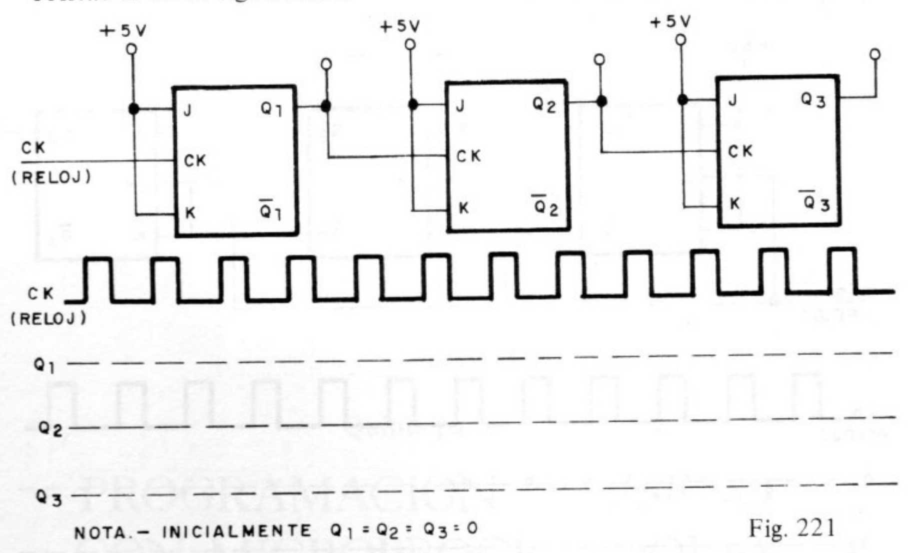


Fig. 221

(10) Dibujar el diagrama de tiempos de las salidas Q_1, Q_2 y Q_3 de los flip-flops del contador de la figura 222.

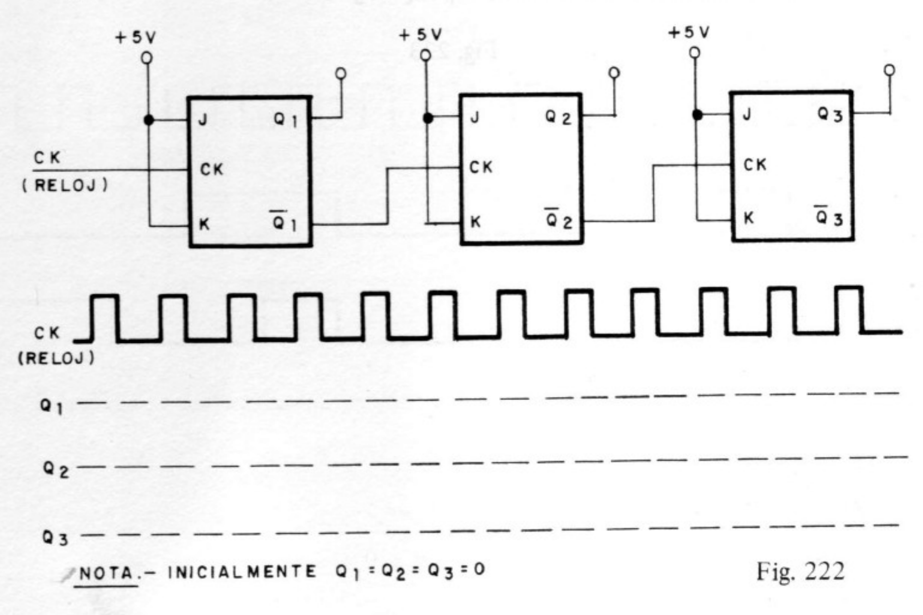


Fig. 222

(11) Rellenar el diagrama de tiempos de las salidas de los flip-flops del contador síncrono de la figura 223.

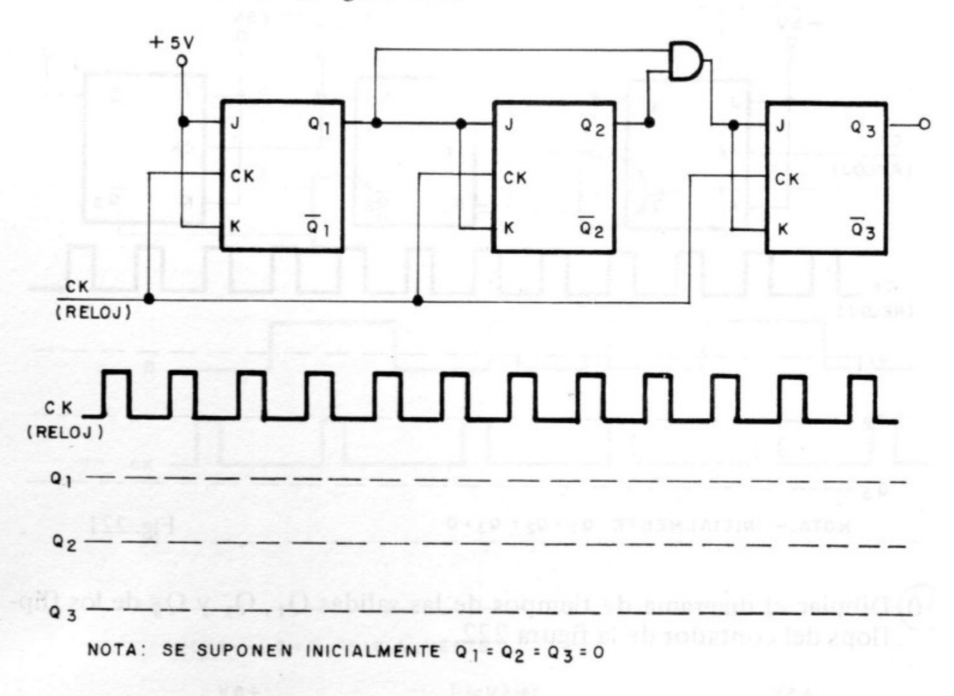


Fig. 223

Quinta parte

PROGRAMACION Y DISEÑO CON MICROPROCESADORES

TEMA 1. Programación del microprocesador 8085

Documentación teórica

Capítulos dedicados a este microprocesador en el tomo 6 de ELECTRONICA FUNDAMENTAL y en el libro "MICROPROCESADORES. Fundamentos, diseño y aplicaciones en la industria y los microcomputadores".

(1) **(Resuelto)**

Confeccionar un programa con las instrucciones del 8085, usando nemónicos y el código máquina hexadecimal, que sume los contenidos de las direcciones 2200 y 2201, depositando el resultado en la posición 2202. Indicar también las posiciones de memoria que ocupan las diversas instrucciones del programa.

Solución

Véase la figura 224.

DIRECCION	NEMONICOS	HEXADECIMAL		
		OP	OPERANDO	
			1º BYTE	2º BYTE
0000	LDA 2200	3A	00	22
0003	LXI,H 2201	21	01	22
0006	ADD, M	86		
0007	STA 2202	32	02	22
000A	HLT	76		

Fig. 224

(2) Confeccionar un programa que sume los contenidos de los registros B y C, depositando el resultado en la posición 2000 de la memoria. Desarrollar el programa de forma similar al anterior.

(3) Realizar un programa que compare el contenido de la posición 2000 con el del registro B. Si el resultado de la comparación es igual o mayor que cero, poner a cero el Acumulador y en caso contrario, poner sus 8 bits a 1.

(4) Confeccionar un programa para que ponga a 0, los 4 bits de menos peso del registro C, sin alterar los restantes, depositando el resultado en la posición 0 de la memoria.

(5) Realizar un programa que sume los 16 bits contenidos en la pareja de registros D-E, con los correspondientes de las posiciones 2000 (byte de más peso) y 2001 (byte de menos peso). El resultado debe quedar depositado en la pareja de registros B-C y en el carry, si lo hay.

(6) **(Resuelto)**

Poner a 1 el bit de más peso de la dirección de memoria 0900, sin alterar los restantes. El resultado depositarlo en la posición 0902.

Solución

Véase el cuadro de la figura 225.

DIRECCION	NEMONICOS	HEXADECIMAL		
		OP	OPERANDO	
			1° BYTE	2° BYTE
0 0 0 0	LDA 0900	3A	00	09
0 0 0 3	XRI 80	EE	80	
0 0 0 5	STA 0902	32	02	09

Fig. 225

(7) **(Resuelto)**

Restar el contenido del registro de trabajo D, del que hay en la posición de memoria 0900, dejando el resultado en esta posición.

Solución

Véase la figura 226.

DIRECCION	NEMONICOS	HEXADECIMAL		
		OP	OPERANDO	
			1° BYTE	2° BYTE
0 0 0 0	LDA 0900	3A	00	09
0 0 0 3	SUB D	92		
0 0 0 4	STA 0900	32	00	09

Fig. 226

8 **(Resuelto)**

Confeccionar un programa para el 8085, que ponga a cero los 4 bits de más peso de la posición de memoria 0900, sin alterar los otros 4, dejando el resultado en la posición 0901.

Solución

Véase la figura 227.

Fig. 227

DIRECCION	NEMONICOS	HEXADECIMAL		
		OP	OPERANDO	
			1º BYTE	2º BYTE
0 0 0 0	LDA 0900	3A	00	09
0 0 0 3	ANI ØF	E6	OF	
0 0 0 5	STA 0901	32	01	09

9 **(Resuelto)**

Confeccionar un programa para multiplicar 2 números almacenados en las posiciones de memoria 0900 y 0901. depositando el resultado en la dirección 0902.

Solución Véase la figura 228.

Fig. 228

EXPRESION GRAFICA	NEMONICO	DIRECCION	OP	1er BYTE	2º BYTE
A ← ØØ	SUB A	Ø8ØØ	97		
C = 1	STC	Ø8Ø1	37		
$\overline{C}$ = 0	CMC	Ø8Ø2	3F		
H,L = Ø9ØØ	LXI H,Ø9ØØ	Ø8Ø3	21	ØØ	Ø9
DEC (H,L)	DCR M	Ø8Ø6	35		
SALTA SI ES MENOR	JM Ø811	Ø8Ø7	FA	11	Ø8
H,L = Ø9Ø1	LXI H,Ø9Ø1	Ø8ØA	21	Ø1	Ø9
	ADC M	Ø8ØD	8E		
JMP C = Ø	JMP Ø8Ø1	Ø8ØE	C3	Ø1	Ø8
A → Ø9Ø2	STA Ø9Ø2	Ø811	32	Ø2	Ø9

(10) **(Resuelto)**

Se trata de confeccionar un programa para dividir los números, colocados en las posiciones 0900 (dividendo) y 0901 (divisor). El cociente quedará en la posición 0902.

Solución

Véase el cuadro gráfico con el programa en la figura 229.

Fig. 229

EXPRESION GRAFICA	NEMONICO	DIRECCION	OP	1er BYTE	2º BYTE
A ← ØØ	SUB A	Ø8ØØ	97		
(Ø9Ø2) ← A	STA Ø9Ø2	Ø8Ø1	32	Ø2	Ø9
A → (Ø9Ø1)	LDA Ø9Ø1	Ø8Ø4	3A	Ø1	Ø9
C ← 1	STC	Ø8Ø7	37		
H, L = Ø9Ø1	LXI H, Ø9Ø1	Ø8Ø8	21	Ø1	Ø9
A − (0901) → A	SUB M	Ø8ØB	96		
	JM Ø8Ø1	Ø8ØC	FA	1B	Ø8
	LXI H, Ø9Ø2	Ø8ØF	21	Ø2	Ø9
INC Ø9Ø2	INR M	Ø812	34		
	JMP Ø8Ø7	Ø813	C3	Ø7	Ø8

(11) **(Resuelto)**

Encontrar la posición de mayor contenido, entre la 0900 y la 0901, depositando el resultado en la posición 0902.

Solución

Figura 230.

(12) **(Resuelto)**

Se trata de confeccionar un programa de temporización o delay. Para ello se debe decrementar FF veces el registro B y por cada decremento de B, se decrementa FF veces el registro D y todo esto se efectúa 10 veces.

Solución

Figura 231.

EXPRESION GRAFICA	NEMONICO	DIRECCION	OP	1er BYTE	2º BYTE
	LDA 9ØØØ	Ø8ØØ	3A	ØØ	Ø9
	LXI 9ØØ1	Ø8Ø3	21	Ø1	Ø9
	CMP 9ØØ1	Ø8Ø6	BE	Ø1	Ø9
	JC Ø815	Ø8Ø9	DA	15	Ø8
	LDA 9ØØ1	Ø8ØC	3A	Ø1	Ø9
	STA 9ØØ2	Ø8ØF	32	Ø2	9Ø
	JMP Ø818	Ø812	C3	18	Ø8
	STA Ø9Ø2	Ø815	32	Ø2	Ø9
	NOP	Ø818	OO		

Fig. 230

EXPRESION GRAFICA	NEMONICO	DIRECCION	OP	1er BYTE	2º BYTE
	LDA Ø9ØØ	Ø8ØØ	3A	ØØ	Ø9
	STA Ø9Ø1	Ø8Ø3	32	Ø1	Ø9
	LHLD Ø9Ø1	Ø8O6	2A	Ø1	Ø9
	LDAX B	Ø8Ø9	ØA		
	LDAX D	Ø8ØA	1A		
	DCX D	Ø8ØB	1B		
	JNZ Ø8Ø7	Ø8ØC	C2	Ø7	Ø8
	DCX B	Ø8ØF	OB		
	JNZ Ø8Ø6	Ø81Ø	C2	Ø6	Ø8
	DCR	Ø813	35		
	JNZ Ø8Ø3	Ø814	C2	Ø3	Ø8

Fig. 231

TEMA 2. Proyectos industriales resueltos con microprocesador

Documentación teórica

La información precisa para comprender los proyectos que se presentan solucionados, puede encontrarse en el libro "MICROPROCESADORES. FUNDAMENTOS, DISEÑO Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA Y LOS MICROCOMPUTADORES".

(1) **(Resuelto)**

DISEÑO DE UNA ESTACION PARA EL CONTROL DE CONTAMINANTES

Se trata de desarrollar el hardware y el software de un equipo, que dotado con los correspondientes detectores, se encarga de visualizar los índices de contaminación, así como de registrar los valores máximos y los promedios. La colocación de varias estaciones, como la que se explica, en diferentes puntos de una zona, posibilitará un estudio y un control permanente de la evolución de la presencia de contaminantes.

Definición de las especificaciones

La estación que se proyecta, desarrollará tres funciones primordiales:

1.ª Visualización continua y alternativa de dos índices de contaminación del aire, por los contaminantes A y B; por ejemplo SO_2 y CO.

2.ª Registro del valor máximo que alcanza el índice A en cada período de 24 horas.

3.ª Cálculo del índice promedio de los dos contaminantes.

En funcionamiento normal, el dispositivo visualiza en un display de 3 dígitos, de forma secuencial, el índice A y el B, durante 2 segundos cada uno de ellos.

En la estación existirá un pulsador C, que al presionarlo, aparecerá en el display, el valor máximo del índice A, durante un período de 24 horas. La presión de otro pulsador, denominado D, permitirá ver en el visualizador el índice promedio de los dos contaminantes, en ese momento y que estará definido por la fórmula $\frac{A + B}{2}$.

El valor entero de A, está previsto que quede comprendido entre los límites 0 y 99, mientras que el de B lo estará entre 10 y 80. Además, en el display aparecerá a la izquierda del valor las letras A, B, C o D, según visualice los índices A, B o se pulse el botón C o D.

La figura 232 muestra una vista de conjunto de la estación de control de contaminantes.

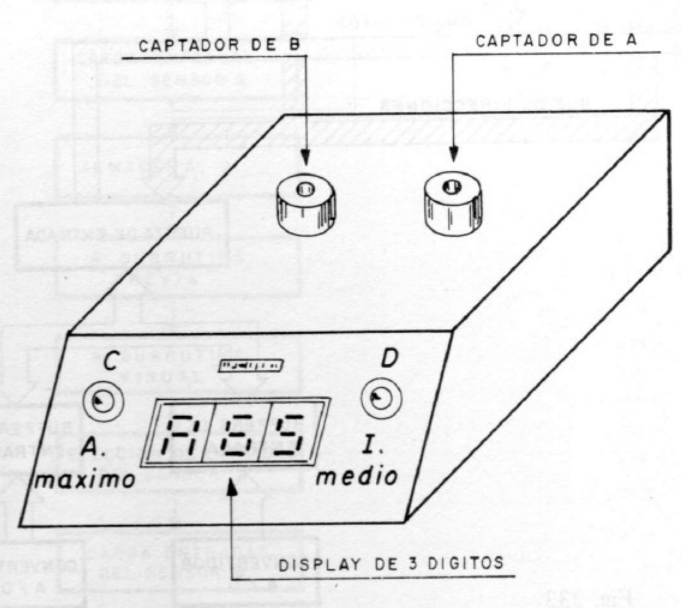


Fig. 232

El valor analógico de los contaminantes A y B se determina mediante dos sensores adecuados, cuyas señales son transformadas a un valor binario de 8 bits, utilizando los convertidores analógico-digitales apropiados.

Diagrama general por bloques

Una vez seleccionado el microprocesador 8085 de INTEL para desarrollar este proyecto, en la figura 233 se muestran los bloques fundamentales, que constituirán el microcomputador de control. Dichos bloques son: CPU, memorias RAM y ROM (PROM), puerta de entrada desde los convertidores A/D y puerta de salida al display.

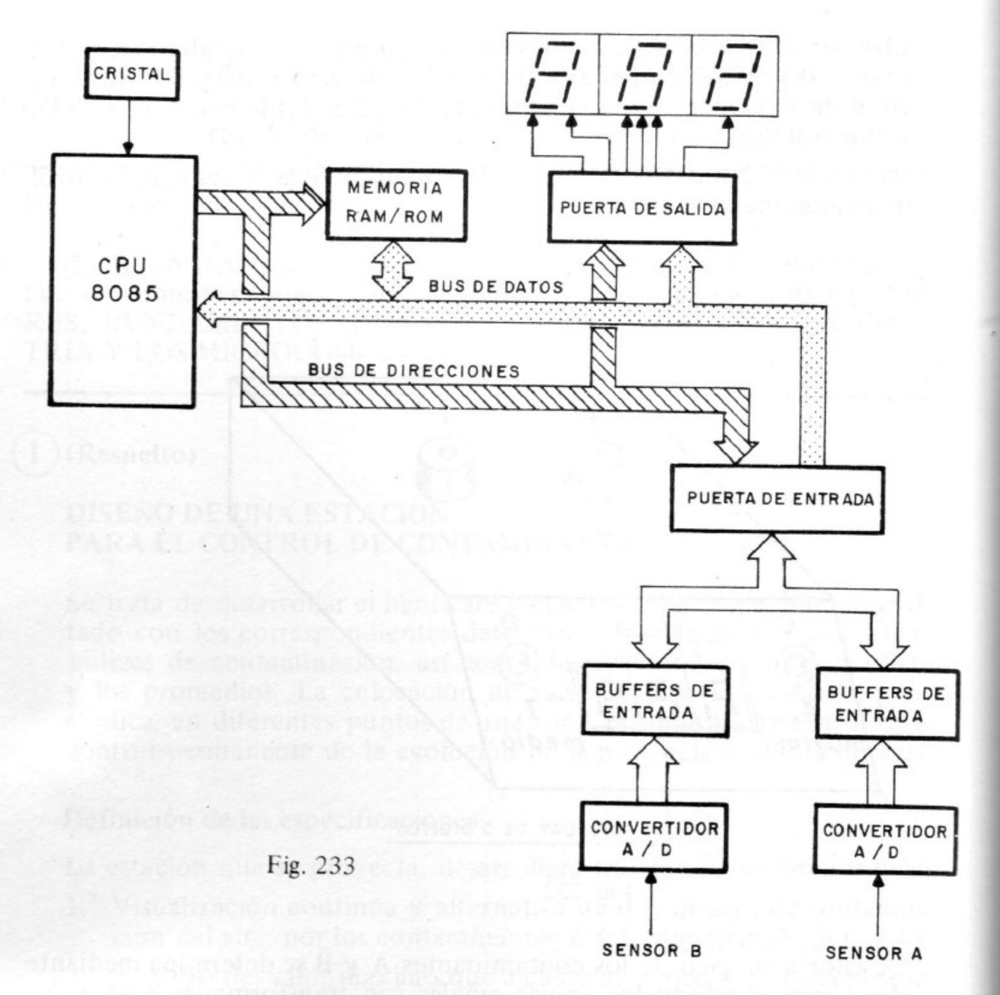


Fig. 233

Ordinograma general

Centrando el ejercicio en el funcionamiento normal de la estación de control de contaminantes, en la figura 234, se ofrece el diagrama de flujo utilizado en la presentación secuencial de los índices A y B. En dicha figura, no se ha previsto el empleo de los pulsadores C y D.

Como se deduce fácilmente de la figura 234, se comienza inicializando el Stack Pointer, las puertas de entrada y salida, así como la interrupción RST 6.5, que luego servirá para interrumpir el funcionamiento descrito por el ordinograma presente, al considerar y utilizar a los pulsadores C y D.

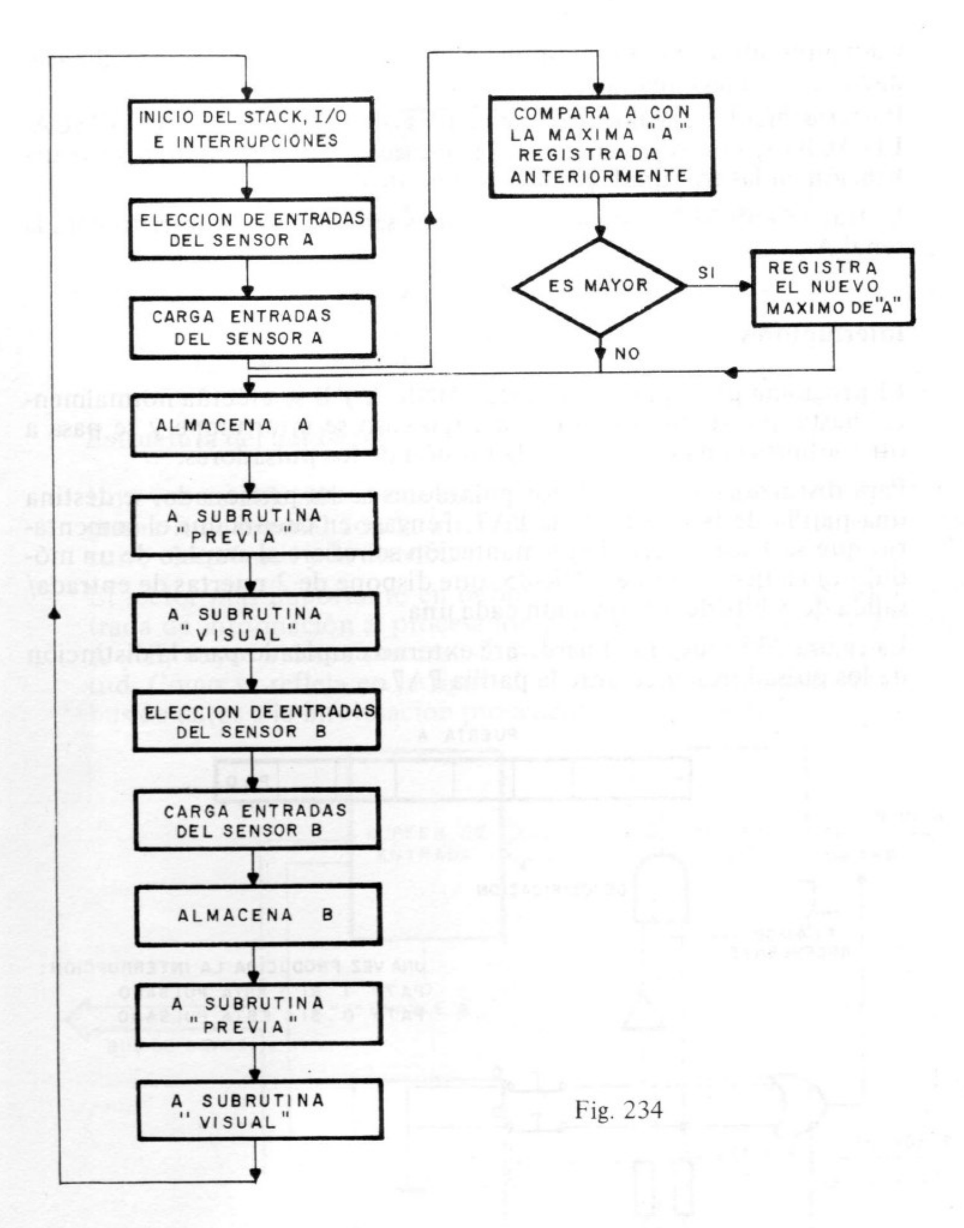


Fig. 234

Tras la fase de inicialización, se selecciona el sensor A, y una vez transformado a digital su valor por el conversor, se compara con el máximo valor de A, registrando con anterioridad, desde que se produjo la puesta en marcha del sistema, que se supone se efectúa cada 24 horas. Si el

valor presente de A es mayor que el máximo registrado, queda almacenado como nuevo máximo.

Posteriormente, el valor A se envía a las subrutinas PREVIA y VISUALIZACION, que se encargan de la codificación del formato y su visualización en las tres unidades de 7 segmentos del display.

El tratamiento de la señal B es aún más sencillo que el descrito para la señal A.

Interruptores

El programa principal de visualización de A y B se efectúa normalmente, hasta que se pulsa C o D, en cuyo caso se interrumpe y se pasa a otro subprograma que atiende la presión de los pulsadores.

Para distinguir cuál de los dos pulsadores se ha presionado, se destina una patilla de la puerta A, la PA7. Téngase en cuenta que el comentario que se hace de esta implementación se refiere al empleo de un módulo didáctico, como el SDK-85, que dispone de 2 puertas de entrada/salida de 8 bits de información cada una.

La figura 235 muestra el hardware externo empleado para la distinción de los pulsadores, mediante la patilla PA7.

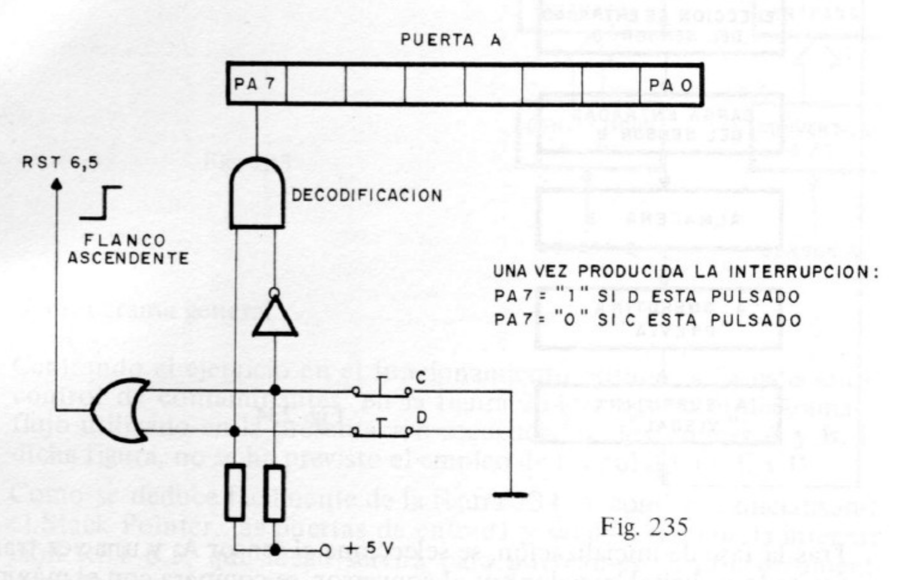


Fig. 235

El ordinograma que atiende la interrupción provocada por la presión de uno de los pulsadores, se presenta en la figura 236.

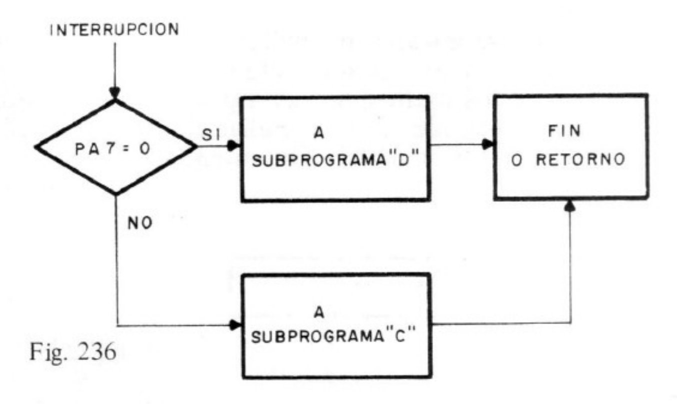


Fig. 236

Estructura del hardware

Una vez establecido el diagrama por bloques del sistema y el ordinograma fundamental con la interrupción, se perfilan los detalles del circuito electrónico y la distribución de funciones.

El sector más importante en definir, es el de entradas y salidas. La entrada de información al procesador, procede de los sensores analógicos A y B, cuyos valores son transformados a binario, con 8 bits de longitud. Como se refleja en la figura 237, hay dos buffer que dan paso al bus de datos a la información procedente de los sensores.

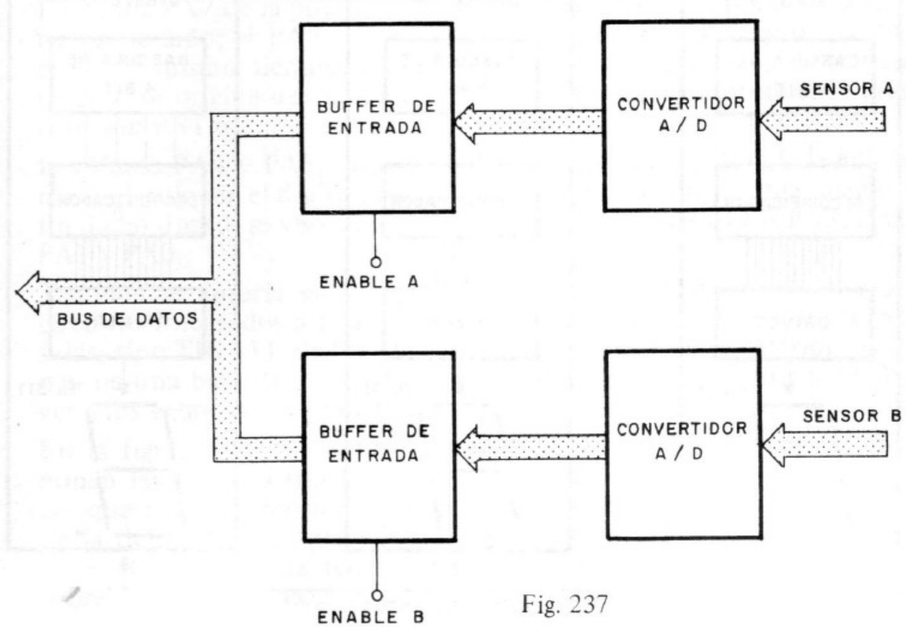


Fig. 237

La puerta de salida se encarga de enviar información adecuada a los 3 dígitos del display o presentador alfanumérico. La información a presentar en uno de los dígitos, se envía por 4 líneas y mediante 2 líneas más y un decodificador 2 X 4, se elige el dígito que se ha de activar a través de su entrada "enable". Figura 238.

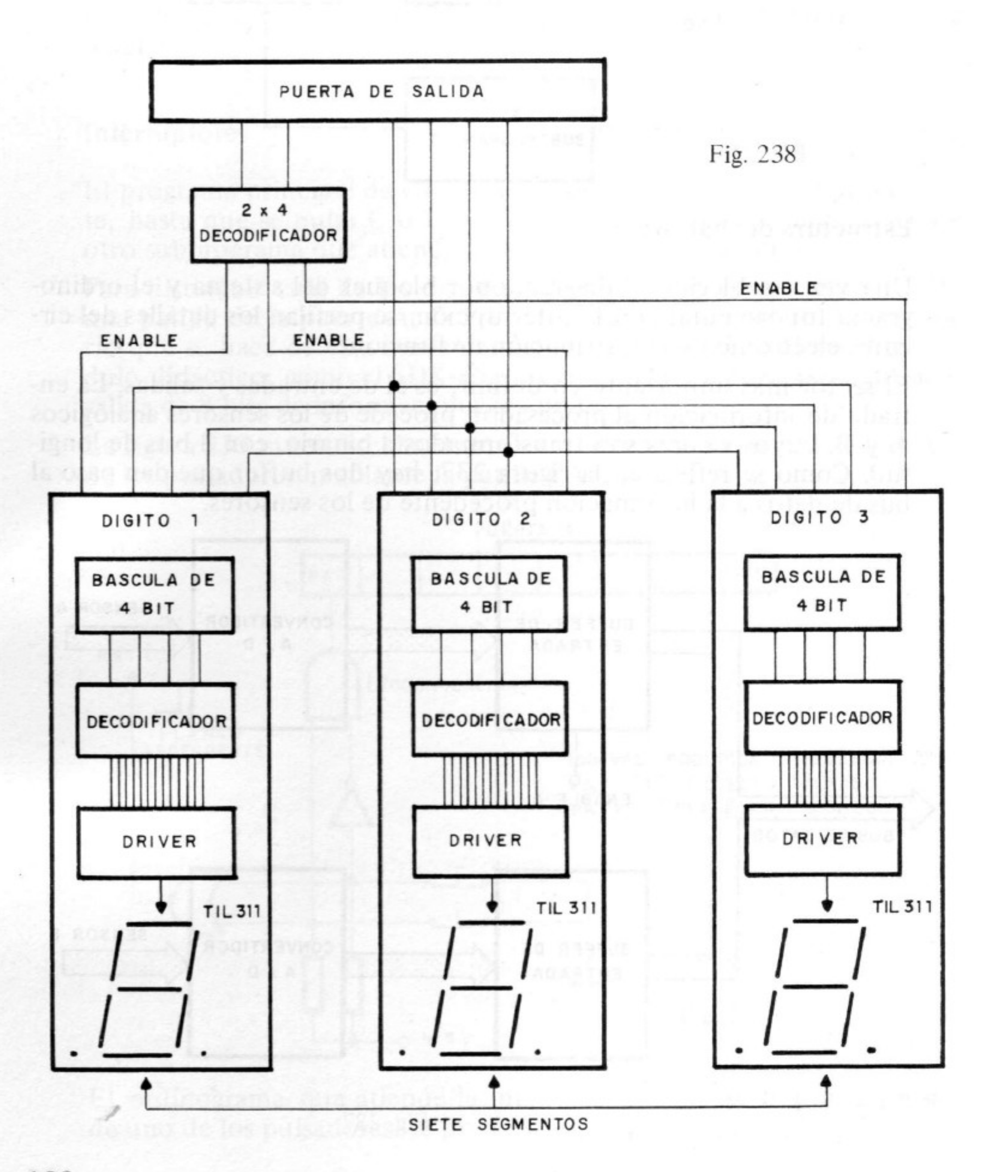


Fig. 238

Distribución de las puertas de entrada y salida

Teniendo en cuenta que el kit con el que se propone simular el diseño y depurar el programa, dispone de 2 puertas de entrada y salida de 8 líneas cada una, a continuación se expone la distribución que se realiza en ellas.

Puerta B

Las 8 patillas de esta puerta, denominadas PB0, PB1, ..., PB7, se encargan de recibir la información que, procedente de los conversores A/D, transportan los valores de A y B. La información procedente de A llega a las patillas de esta puerta a través de los buffer triestado numerados con 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14, mientras que la información de B llega a través de los buffer 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15. La activación de los "strobes" de los buffer pares o impares procede de PA6 de la puerta A, de forma que cuando dicha línea está a 0, se activan los pares y cuando está a 1, los impares.

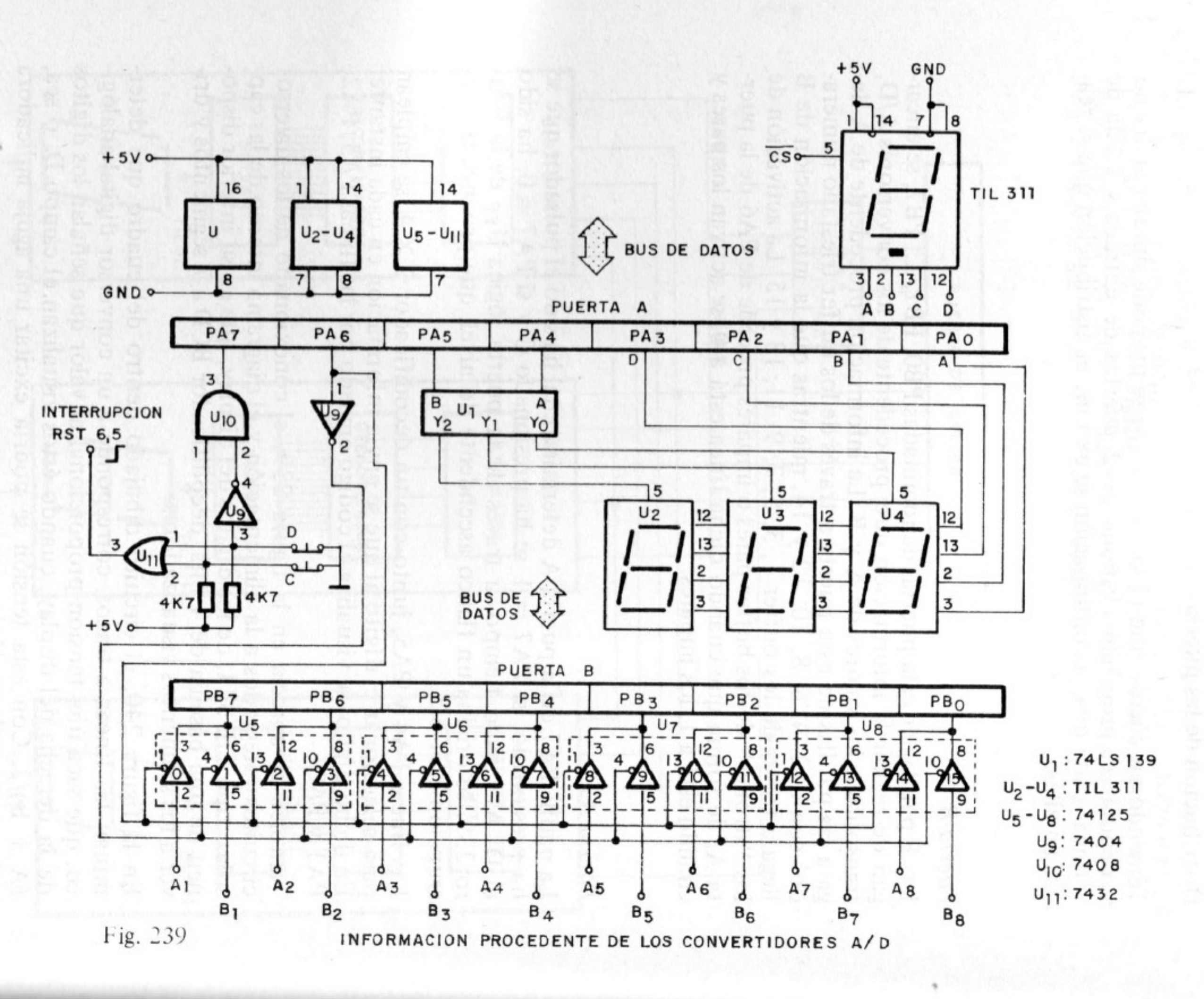
Puerta A

La patilla PA7 de la puerta A determina cuál ha sido el pulsador que se ha presionado; si PA7 = 1 se ha presionado C y si PA7 = 0, ha sido el D. Al mismo tiempo, a través de la puerta lógica U_{11} de la figuro 239, se origina un flanco ascendente de nivel, que produce la interrupción RST 6.5.

Las líneas PA4 y PA5, junto con un decodificador 2 X 4, se emplean para seleccionar el dígito al que se envía información en cada instante. En dicho dígito, se visualiza el código enviado por las líneas PA3, PA2, PA1 y PA0.

También se aprecia en la figura 239, el conexionado de los diversos circuitos integrados a la alimentación y el diagrama interno de las cápsulas, tipo TIL 311, de los dígitos del display, que en su interior disponen de una báscula de 4 bits, decodificador BCD a 7 segmentos y driver a los segmentos visualizadores.

En la figura 240, el circuito dibujado dentro del cuadro que determinan las líneas a trazos, corresponde a un conversor digital-analógico, que saca una tensión proporcional al valor que señalan los dígitos de la derecha del display, cuando éstos visualizan el campo D, o sea, (A + B)/2. Con esta tensión se podría excitar una aguja indicadora sobre una escala analógica.


+5V
GND
CS
TIL 311
A B C D
BUS DE DATOS
PUERTA A
PA7 PA6 PA5 PA4 PA3 PA2 PA1 PA0
U
U2-U4
U5-U11
INTERRUPCION
RST 6,5
U10
U9
U1
4K7
4K7
BUS DE DATOS
PUERTA B
PB7 PB6 PB5 PB4 PB3 PB2 PB1 PB0
U5 U6 U7 U8
A1 B1 A2 B2 A3 B3 A4 B4 A5 B5 A6 B6 A7 B7 A8 B8
U1 : 74LS139
U2-U4 : TIL 311
U5-U8 : 74125
U9 : 7404
U10 : 7408
U11 : 7432
INFORMACION PROCEDENTE DE LOS CONVERTIDORES A/D
Fig. 239

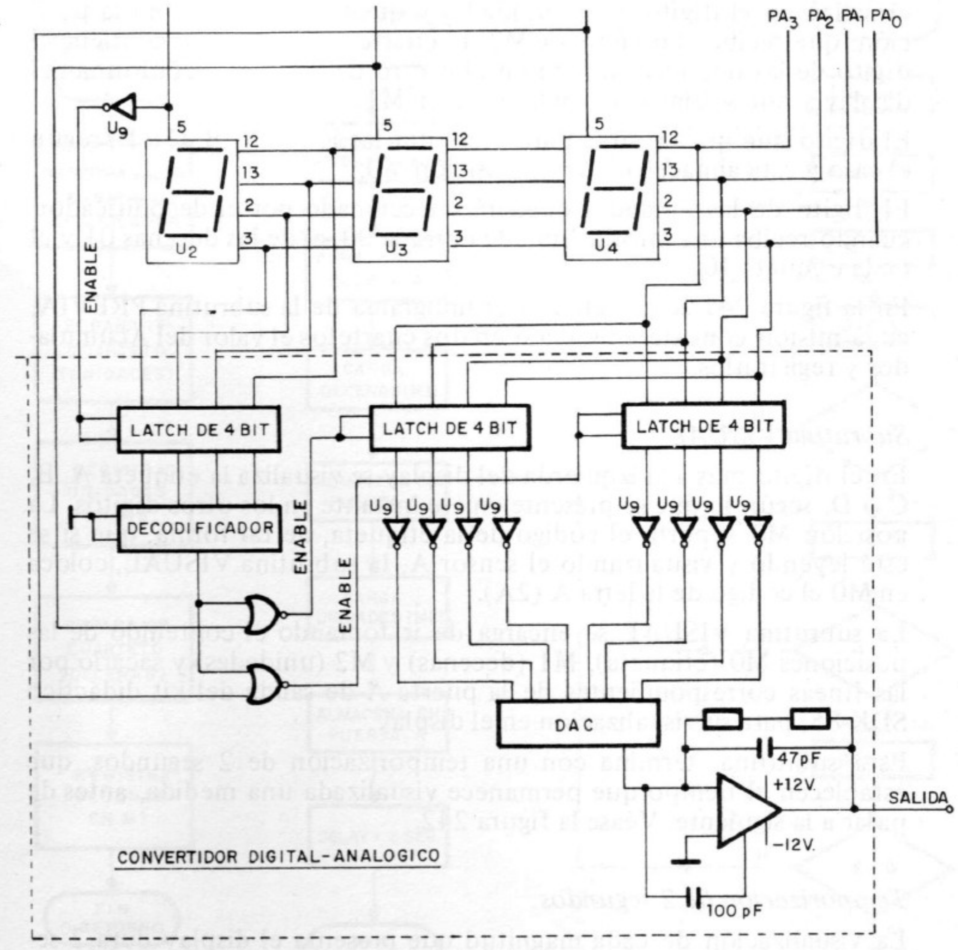


Fig. 240

Diagramas de flujo de subprogramas y subrutinas

Una vez definido el diagrama de flujo principal y el de interrupción, se comienza el desarrollo de los subprogramas y subrutinas que los componen.

Subrutina PREVIA

La información que contiene el Acumulador del programa principal o de los subprogramas de interrupción, se almacena y luego se divide en dos cuartetos. Los cuatro bits de menos peso, contienen el valor que se

visualiza en el dígito de las unidades y queda almacenado en la posición, que recibe el nombre de M2. El cuarteto de más peso contiene el dígito de las decenas, situado en el centro de los 3 que conforman el display y que se almacena en la posición M1.

El dígito que queda, sirve para presentar las letras A, B, C o D, según el caso y está almacenado en la posición M0.

El dígito de las unidades quedará seleccionado por el decodificador, cuando reciba una información de entrada 00, el de las decenas 01 y el de la etiqueta 10.

En la figura 241 se presenta el ordinograma de la subrutina PREVIA, cuya misión consiste en separar en dos cuartetos el valor del Acumulador y registrarlos.

Subrutina VISUAL

En el dígito más a la izquierda del display se visualiza la etiqueta A, B, C o D, según lo que se presente en ese instante en los otros dígitos. La posición M0 soporta el código de la etiqueta, de tal forma, que si se está leyendo y visualizando el sensor A, la subrutina VISUAL, coloca en M0 el código de la letra A (2A).

La subrutina VISUAL se encarga de ir tomando el contenido de las posiciones M0 (etiqueta), M1 (decenas) y M2 (unidades) y sacarlo por las líneas correspondientes de la puerta A de salida del kit didáctico SDK-85, para su visualización en el display.

Esta subrutina, termina con una temporización de 2 segundos, que establecen el tiempo que permanece visualizada una medida, antes de pasar a la siguiente. Véase la figura 242.

Temporización de 2 segundos

La visualización de cada magnitud que presenta el display dura 2 segundos y para conseguir dicho tiempo, se procede a una serie de decrementos de los registros de trabajo L, H y E del 8085, tal como se indica en la figura 243.

Subprogramas de interrupción

Al producirse una interrupción, como consecuencia de la presión del pulsador C o D, el programa de interrupción salta a los subprogramas C o D, según el pulsador presionado y tal como se indica en la figura 236.

El subprograma C comienza colocando la etiqueta C en la posición M0, para indicar que se visualiza el campo C, el cual corresponde al valor

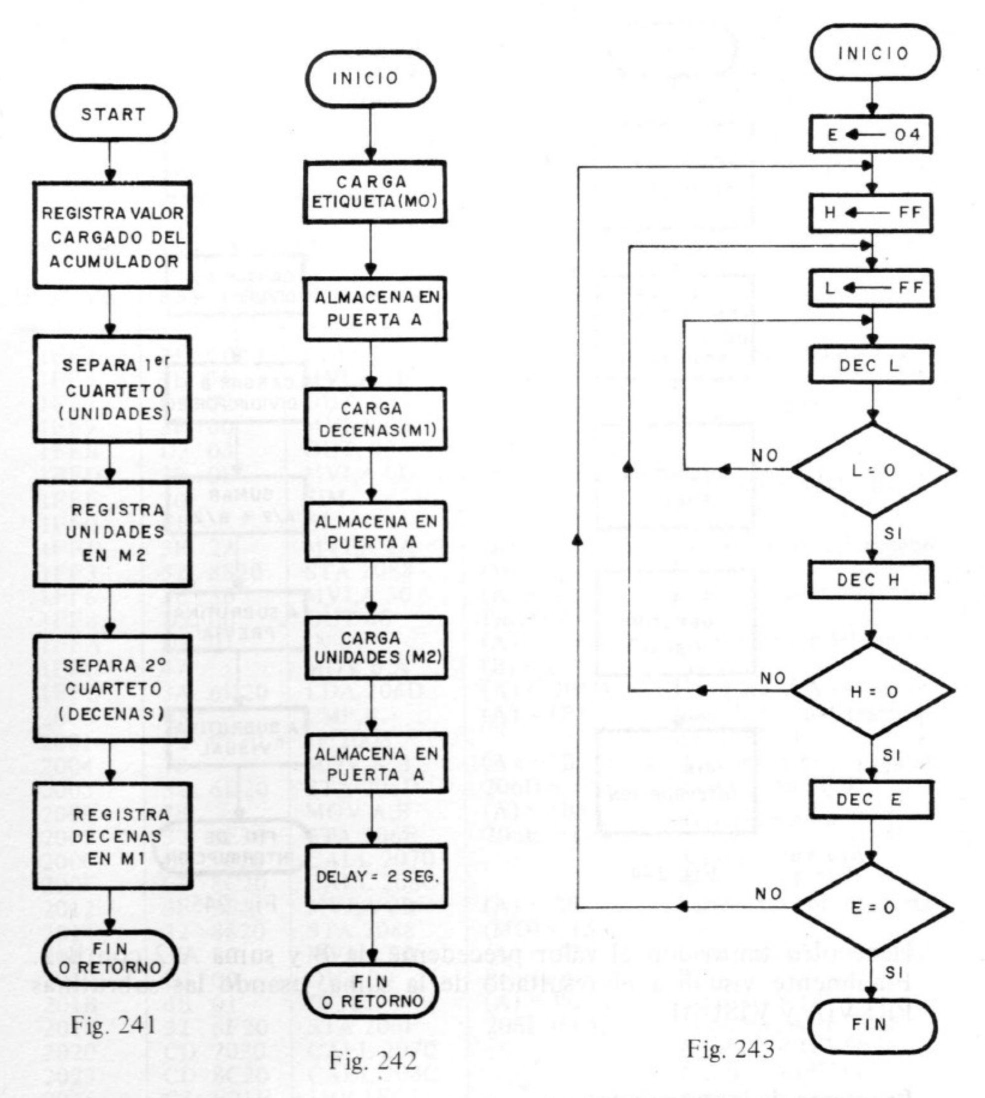


Fig. 241

Fig. 242

Fig. 243

máximo de A, registrado desde la inicialización del programa, que se supone se efectúa cada 24 horas.

A continuación se toma el valor máximo de A y se pasa a las subrutinas PREVIA y VISUAL, según la figura 244.

En el caso del subprograma D se visualiza el valor promedio (A + B)/2. En el diagrama de flujo de la figura 245, después de colocar la etiqueta D en M0, se carga el valor precedente del sensor A y se divide por 2.

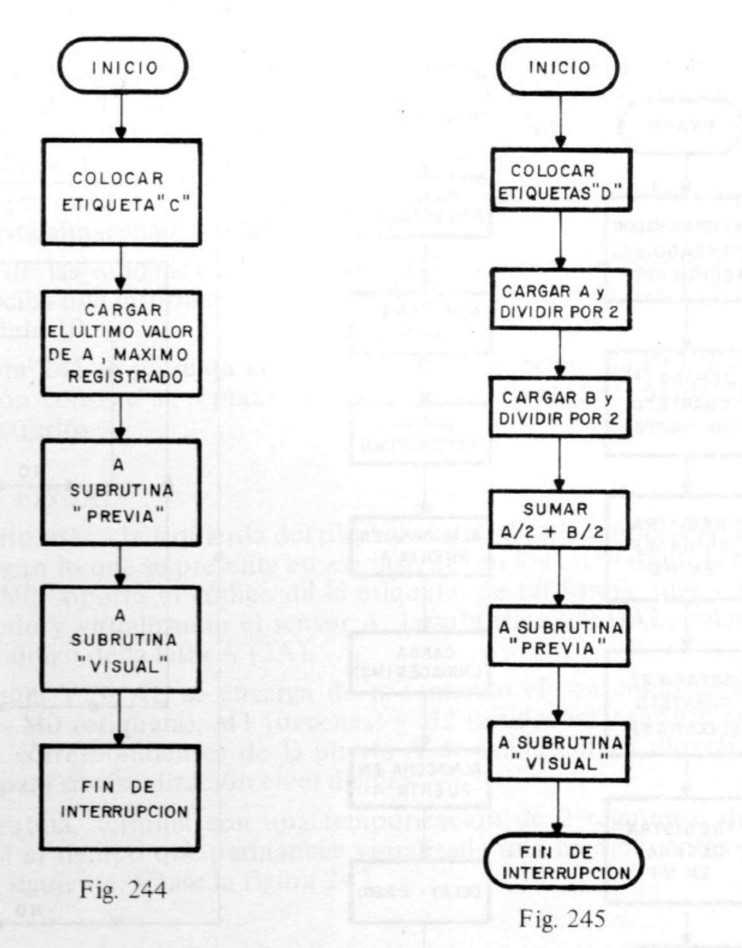


Fig. 244

Fig. 245

Hace otro tanto con el valor precedente de B y suma A/2 con B/2. Finalmente visualiza el resultado de la suma, usando las subrutinas PREVIA y VISUAL.

Programa de instrucciones

Una vez compuestos los ordinogramas del programa principal, de las subrutinas y de los subprogramas, se pasa a confeccionar los programas de instrucciones correspondientes. Como este ejemplo se ha basado en la utilización del SDK-85, habrá que expresar el programa en códigos hexadecimales para poderlos introducir con el teclado que posee este equipo y cuya fotografía se puede ver en la figura 246.

Para la comprensión total del programa, aún por los lectores menos expertos, a los códigos nemónicos y hexadecimales de las instrucciones se han añadido comentarios aclaratorios.

Aunque en el SDK-85 la memoria disponible por el usuario comienza en la dirección 2000, se ha iniciado el programa unas posiciones anteriores, por motivos de continuidad.

"PROGRAMA PRINCIPAL"

Dirección	Código OP	Nemónicos	Comentarios	
1FE2	31 C020	LDI,SP 20C0	(SP) ← 20C0	Inicia Stack START
1FE5	3E 7F	MVI,A 7F	(A) ← 7F	
1FE7	D3 02	OUT, 02	Puerta A ← (A)	Iniciación I/O
1FE9	3E 00	MVI,A 00	(A) ← 00	
1FEB	D3 03	OUT, 03	Puerta B ← (A)	
1FED	3E 0D	MVI,A 0D	(A) ← 0D	Enmascara interrupción
1FEF	30	SIM		RST 6,5
1FF0	FB	EI		
1FF1	3E 2A	MVI,A 2A	(A) ← 2A	Carga Mo con etiqueta
1FF3	32 8820	STA 2088	(Mo) ← (A)	"A"
1FF6	3E 30	MVI,A 30	(A) ← 30	Elige entradas del sen-
1FF8	D3 00	OUT 00	Puesta A ← (A)	sor A
1FFA	DB 01	IN 01	(A) ← Puerta B	Carga el valor del sensor
1FFC	47	MOV B,A	(B) ← (A)	"A"
1FFD	3A 6D20	LDA 206D	(A) ← 206D	Compara si A es mayor
2000	B8	CMP,B	(A) – (B)	que el máximo registra-
2001	F2 0820	JP 2008		do en 206D
2004	78	MOV A,B	(A) ← (B)	Registra el nuevo máxi-
2005	32 6D20	STA 206D	206D ← (A)	mo de A en 206D
2008	78	MOV A,B	(A) ← (B)	Almacena A en 206E
2009	32 6E20	STA 206E	206E ← (A)	
200C	CD 7020	CALL 2070		A subr. "PREVIA"
200F	CD 8C20	CALL 208C		A subr. "VISUAL"
2012	3E 2B	MVI,A 2B	(A) ← 2B	Carga MO con etiqueta
2014	32 8820	STA 2088	(MO) ← (A)	"B"
2017	3E 70	MVI,A 70	(A) ← 70	Elige entrada de sensor
2019	D3 00	OUT 00	Puerta A ← (A)	B
201B	dB 01	IN, 01	(A) ← Puerta B	Carga sensor B
201D	32 6F20	STA 206F	206F ← (A)	Almacena A en 206F
2020	CD 7020	CALL 2070		A subr. "PREVIA"
2023	CD 8C20	CALL 208C		A subr. "VISUAL"
2026	C3 E21F	JMP 1FE2		A start

"PROGRAMA DE INTERRUPCION"

Dirección	Código OP	Nemónicos	Comentarios	
2029	DB 00	IN,00	(A) ← Puerta A	Carga PA7
202B	E6 80	ANI 80	(A) ← (A) Λ 80	
202D	CA 3320	JZ 2033	Si PA7 = 0	A subprograma C
2030	C3 4220	JMP 2042	Si PA7 = 1	A subprograma D

"SUBPROGRAMA C"

Dirección	Código OP	Nemónicos	Comentarios
2033	3E 2C	MVI,A 2C	(A) ← 2C Carga MO con etiqueta
2035	32 8820	STA 2088	(MO) ← (A) C
2038	3A 6D20	LDA 206D	(A) ← Máx. valor de A
203B	CD 7020	CALL 2070	A subr. "PREVIA"
203E	CD 8C20	CALL 208C	A subr. "VISUAL"
2041	C9	RET	

"SUBPROGRAMA D"

Dirección	Código OP	Nemónicos	Comentarios
2042	3E 2D	MVI,A 2D	(A) ← 2D } Carga MO con etiqueta
2044	32 8820	STA 2088	(MO) ← (A) } D
2047	16 03	MVI,D 03	(D) ← 03
2049	3A 6E20	LDA 206E	(A) ← Valor del sensor A
204C	CD 6020	CALL 2060	
204F	47	MOV B,A	(B) ← (A)
2050	AF	XRA,A	(A) ← 00
2051	3A 6F20	LDA 206F	(A) ← Valor del sensor B
2054	CD 6020	CALL 206D	
2057	80	ADD,B	(A) ← (A) + (B)
2058	27	DAA	
2059	CD 7020	CALL 2070	A subr. "PREVIA"
205C	CD 8C20	CALL 208C	A subr. "VISUAL"
205F	C9	RET	Fin de interrupción
2060	4F	MOV C,A	(C) ← (A)
2061	E6 10	ANI, 10	(A) ← (A) 10
2063	CA 6A20	JZ 206A	
2066	79	MOV A,C	(A) ← (C)
2067	1F	RAR	
2068	92	SUB,D	(A) ← (A) – D
2069	C9	RET	
206A	79	MOV A,C	(A) ← (C)
206B	1F	RAR	
206C	C9	RET	
206D	Valor máximo de A		
206E	Ultimo valor registrado de A		
206F	Ultimo valor registrado de B		

"SUBRUTINA PREVIA"

Dirección	Código OP	Nemónicos	Comentarios
2070	32 8B20	STA 208B	(M3) ← (A) Salva información (START)
2073	26 0F	MVI,H 0F	(H) ← 0F
2075	A4	ANA,H	(A) ← (A) ∧ (H) 1.º cuarteto

(Continuación)

Dirección	Código OP	Nemónicos	Comentarios
2076	32 8A20	STA 208A	(M2) ← (A) Guarda unidades
2079	3A 8B20	LDA 208B	(A) ← (M3)
207C	26 F0	MVI,H F0	(H) ← F0
207E	A4	ANA,H	(A) ← (A) ∧ (H) 2.º cuarteto
207F	37	STC	CY ← 1
2080	1F	RAR	C A
2081	1F	RAR	0 → 0 0 0 1 X X X X
2082	1F	RAR	
2083	1F	RAR	→
2084	32 8920	STA 2089	(M1) ← (A) Guarda decenas
2087	C9	RET	
2088	M0 Almacena etiqueta		
2089	M1 Almacena decenas		
208A	M2 Almacena unidades		
208B	M3 Almacena el contenido del sensor leído.		

"SUBRUTINA VISUAL"

Dirección	Código OP	Nemónicos	Comentarios	
208C	1E 30	MVI,E 30	(E) ← 30	**(Start)**
208E	3A 8820	LDA 2080	(A) ← (M0)	Visualiza etiqueta en 1.º dígito a la izquierda del display
2091	D3 00	OUT, 00	Puerta A ← (A)	
2093	B3	ORA,E	(A) ← (A) ∨ (E)	
2094	D3 00	OUT, 00	Puerta A ← (A)	
2096	3A 8920	LDA 2089	(A) ← (M1)	Visualiza decenas en 2.º dígito
2099	D3 00	OUT, 00	Puerta A ← (A)	
209B	B3	ORA,E	(A) ← (A) ∨ (E)	
209C	D3 00	OUT, 00	Puerta A ← (A)	
209E	3A 8A20	LDA 208A	(A) ← (M1)	Visualiza unidades en 3.º dígito
20A1	D3 00	OUT, 00	Puerta a ← (A)	
20A3	B3	ORA,E	(A) ← (A) ∨ (E)	
20A4	D3 00	OUT, 00	Puerta A ← (A)	
20A6	1E 04	MVI,E 04	(E) ← 04	Delay de 2 segundos aproximadamente
20A8	26 FF	MVI,H FF	(H) ← FF	
20AA	2E FF	MVI,L FF	(L) ← FF	
20AC	2D	DCR,L	(L) ← (L) – 1	
20AD	C2 AC20	JNZ 20AC		
20B0	25	DCR,H	(H) ← (H) – 1	
20B1	C2 AA20	JNZ,20AA		
20B4	1D	DCR,E	(E) ← (E) – 1	
20B5	C2 A820	JNZ 20A8		
20B8	C9	RET		

② (Resuelto)

DISEÑO DE UN RELOJ DIGITAL CON MICROPROCESADOR

Solución

En este ejercicio se ofrece la forma de diseñar el hardware y el software precisos para implementar un reloj digital, utilizando como equipo básico de desarrollo el kit educacional SDK-85, transformado por APLICACIONES DIGITALES, en un sistema muy práctico para la experimentación y la resolución de aplicaciones profesionales y didácticas.

En la figura 246 se ofrece una fotografía del SDK-85, cortesía de su fabricante INTEL.

El reloj puede tomar como base del tiempo, la frecuencia de la red eléctrica, que en la mayoría de los países del mundo es de 50 Hz. En la figura 247 se presenta el circuito diseñado con este objeto y que consta de una resistencia y un diodo Zener. La resistencia satura el diodo en condiciones estables y el Zener limita los picos de la corriente alterna, presente en los extremos del transformador, que alimenta la fuente de alimentación de 5 V del sistema.

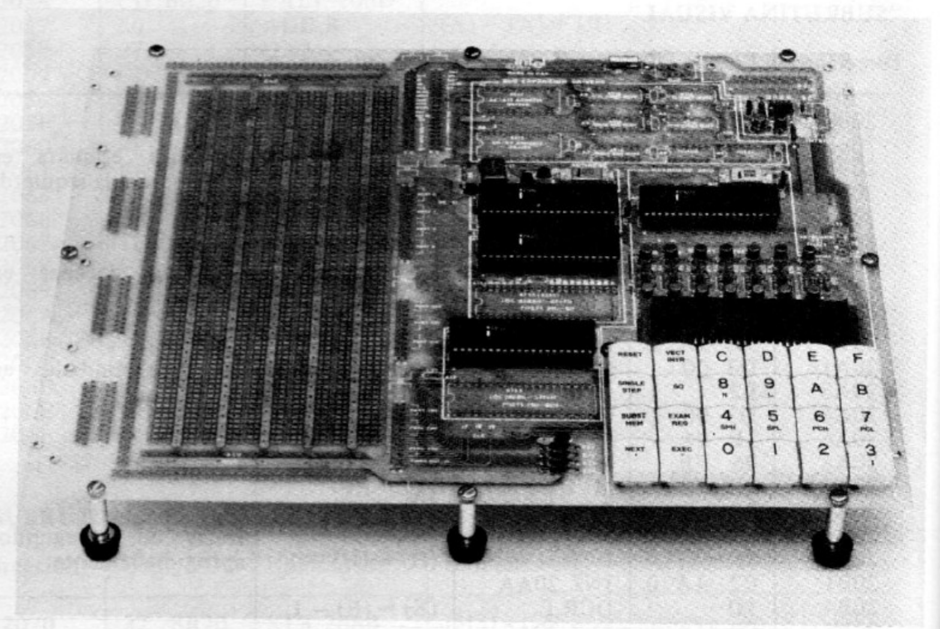


Fig. 246

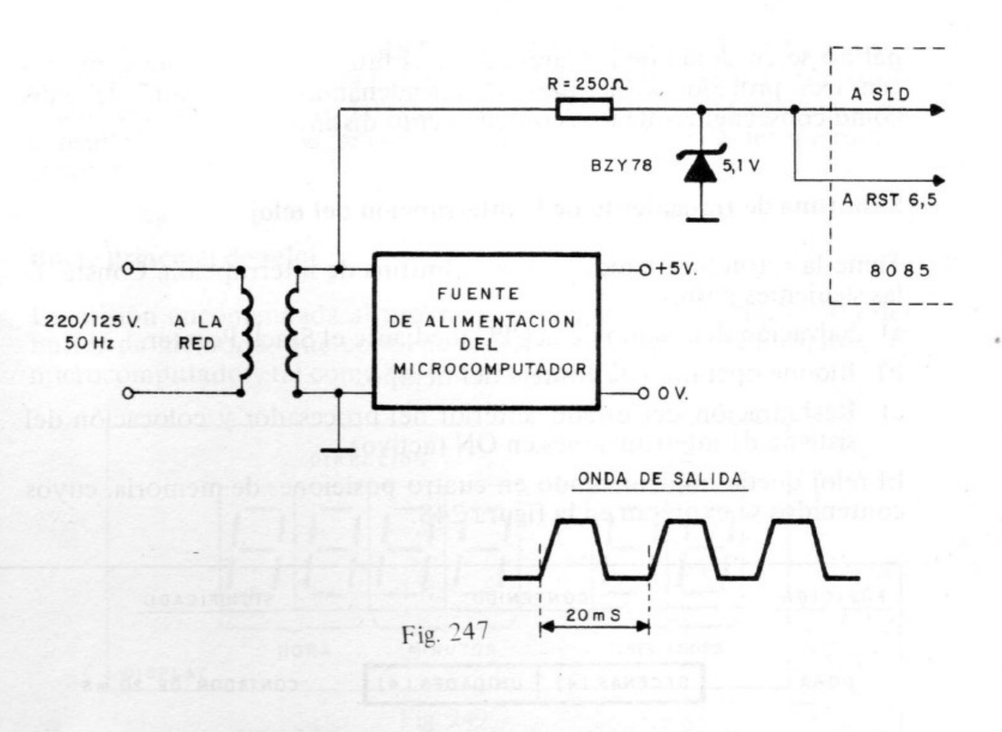


Fig. 247

La onda de salida del circuito de la figura 247, ofrece una señal lo suficientemente cuadrada y a nivel TTL, con un período de 20 milisegundos.

La señal cuadrada, servirá para originar una interrupción al microprocesador 8085 cada 20 milisegundos, al quedar conectada a la patilla correspondiente a la interrupción RST 6.5. La subrutina de interrupción, que responderá a la activación de RST 6.5., tendrá la misión de incrementar el reloj el tiempo correspondiente. Dicha subrutina se ejecutará independientemente del programa principal, el cual controlará la visualización de la hora en el display del sistema y la posible entrada de la hora a través del teclado, cuando se desea sincronizar el reloj con el tiempo real. Para llevar a cabo esta última operación, hay que pulsar la tecla VECT INT, que origina otra interrupción, que cede el control a la subrutina encargada de la visualización y entrada de la nueva hora.

El reloj digital se basa en una estructura de interrupciones en el programa. El bucle principal encargado de la visualización de la hora, dispone de dos subrutinas controladas por interrupción, con misiones distintas: una de ellas cuenta el tiempo y la otra capta datos por el teclado, para poner en hora al reloj. Esta estructura permite que el programa princi-

pal no se encargue de las tareas de las subrutinas, con lo que se producen tres procesos asíncronos, desencadenándose cada uno de ellos como consecuencia de un acontecimiento distinto.

Subrutina de tratamiento de la interrupción del reloj

Tiene la estructura típica de una subrutina de interrupción. Consta de las siguientes partes:

a) Salvación del estado de la CPU mediante el Stack Pointer.

b) Bloque operativo de contaje del tiempo.

c) Restauración del estado anterior del procesador y colocación del sistema de interrupciones en ON (activo).

El reloj queda implementado en cuatro posiciones de memoria, cuyos contenidos se expresan en la figura 248.

POSICION	CONTENIDO		SIGNIFICADO
HORA	DECENAS (4)	UNIDADES (4)	CONTADOR DE 20 mS
HORA+1	DECENAS (4)	UNIDADES (4)	" " SEGUNDOS
HORA+2	DECENAS (4)	UNIDADES (4)	" " MINUTOS
HORA+3	DECENAS (4)	UNIDADES (4)	" " HORAS

Fig. 248

Cada vez que se ejecuta la subrutina de interrupción de la base de tiempos derivada de la frecuencia de la red, se incrementa la posición HORA. Cuando el contenido de la posición HORA supera el valor de 50, que significa que ha transcurrido un tiempo de 50 × 20 = = 1.000 milisegundos = 1 segundo, se incrementa en una unidad la posición (HORA + 1) que cuenta los segundos. Cuando el número de segundos alcanza el valor de 60, se incrementa la posición (HORA + 2). correspondiente a los minutos. Cuando la posición de los minutos alcanza el valor de 60, se incrementa la posición (HORA + 3) que cuenta las horas. Finalmente, cuando la posición (HORA + 3) alcanza el valor de 24, la hora pasa a 0 y se reanuda el ciclo de contaje.

Puesto que la interrupción RST 6.5 funciona por nivel y no por flanco, la subrutina consultará la señal de reloj hasta que pase a cero, realizando en ese momento, la salida de la subrutina. Para efectuar esta consulta, se conecta la señal de reloj a la entrada SID del microprocesador.

Bucle principal de reloj

La misión encomendada al programa principal, es la visualización del buffer de memoria, que contiene la hora en el display de 6 dígitos del microcomputador, tal como muestra la figura 249.



Fig. 249

Para la visualización de los segundos, se emplea la subrutina existente en el programa Monitor del SDK-85, denominada UPDDT y que estando implementada a partir de la dirección 036E de la memoria ROM, se encarga de visualizar el contenido del Acumulador en el campo de datos existente en el display. Para visualizar las horas y minutos, se utiliza la subrutina OUTPUT, que comenzando en la dirección 02B7 de la ROM del programa Monitor, visualiza en los 4 dígitos del display, que corresponden al campo de dirección, al buffer de memoria que contiene las horas y los minutos, una vez que el formato BCD de sus valores, ha sido decodificado a un dígito en forma de código de 7 segmentos y para lo que se hace uso de la subrutina PASS, indicada en el programa principal.

Dada la reducida capacidad de la memoria RAM del sistema SDK-85 en la versión experimental de Aplicaciones Digitales, que se muestra una fotografía en una figura posterior, ya que sólo dispone de 256 bytes, no es posible colocar el programa completo en la misma. Por este motivo, se suprime la opción de modificación o puesta en hora del tiempo, al pulsar la tecla VECT INT. Sin embargo, esta opción se explica. Por este motivo, si se quiere modificar la hora, hay que recurrir

a la función SUBSTITUTE MEMORY, que posee el programa Monitor y que sustituye el contenido de las direcciones de memoria RAM. De esta manera, se coloca la hora real en la posición denominada (HORA + 3), dirección 2038, los minutos en (HORA + 2), dirección 2037 y los segundos en (HORA + 1), dirección 2036.

Para evitar que al pulsar VECT INT, se produzcan efectos indeseables, se coloca una máscara que evita las interrupciones a través de esa tecla. Esto proviene, por haber colocado al bucle principal del programa, en las mismas posiciones de memoria que las subrutinas SUB1 y VECT INT, como consecuencia de la reducida capacidad de la memoria RAM Cuando el programa funciona globalmente, hay que quitar la máscara antes citada, colocando, en lugar de la instrucción MVI A, OC H, la instrucción MVI A, 08 H, en la posición 2047

Base de tiempos independiente

Para facilitar la prueba del programa, se ha construido externamente al SDK-85, un oscilador de 50 Hz, que puede generar una frecuencia más alta, reemplazando el consdensador C, de la figura 250, en la que se aprecia que el oscilador está basado en el circuito integrado SN 74132, cuádruple Schmitt NAND de dos entradas.

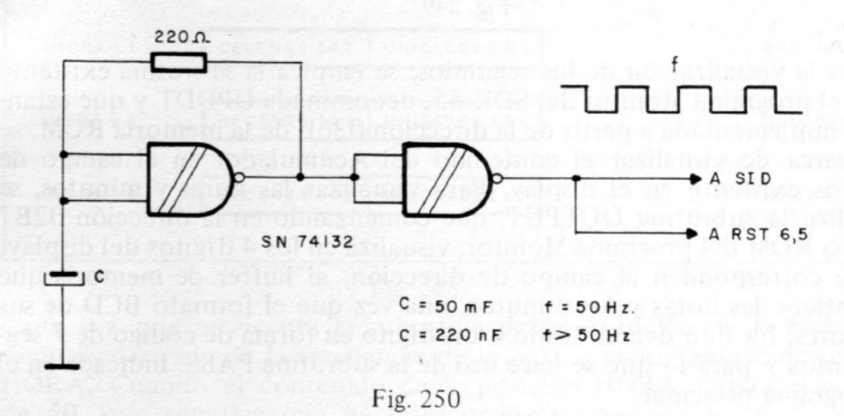


Fig. 250

Para observar mejor el cambio de dígitos, se puede aumentar la frecuencia de la base de tiempos, colocando un condensador de menor capacidad en el oscilador externo.

La figura 251 muestra el montaje externo del oscilador, sobre la zona de conexionado del entrenador uNAND 85, construido por APLICACIONES DIGITALES y basado en el SDK-85.

Seguidamente se exponen los programas del bucle principal y el de las subrutinas, siendo la posición 2044 la de inicio del bucle principal del reloj.

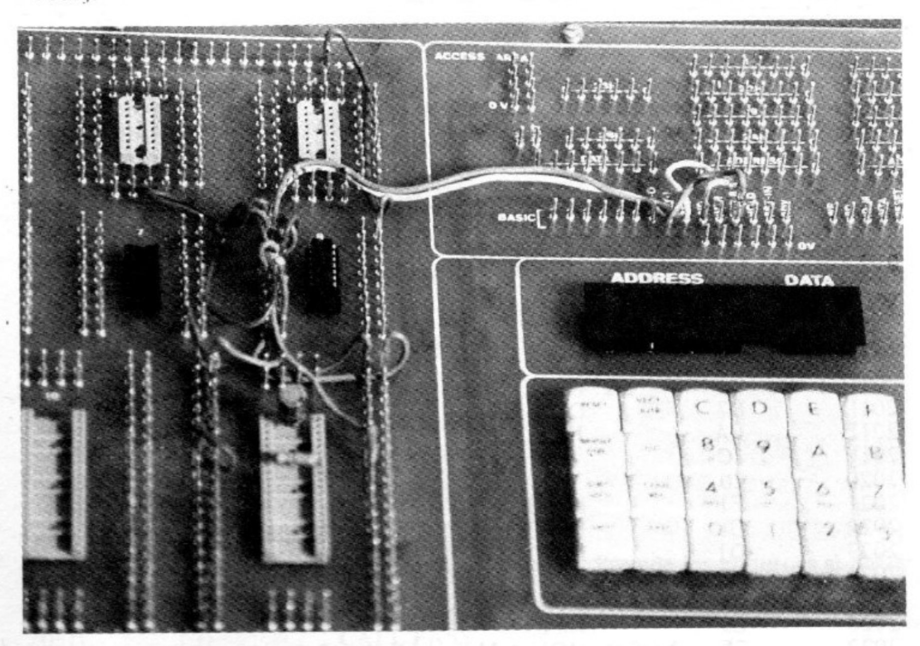


Fig. 251

PROGRAMA DE INTERRUPCION DEL RELOJ POR IMPULSOS DE CONTAJE

Dirección	OP	Nemónico	Comentarios
2000	E5	RED: PUSH H	
2001	D5	PUSH D	– Salva estado del procesador.
2002	C5	PUSH B	
2003	F5	PUSH PSW	
2004	3E	MVI A,1	
2005	01		– CARRY= 1
2006	1F	RAR	
2007	21	LXI H,HORA	
2008	35		
2009	20		
200A	06	MVI B,49 H	– Incrementa contador de 20 mseg, y normaliza la hora.
200B	49		
200C	CD	CALL NORM	
200D	27		

(Continúa)

(Continuación)

Dirección	OP		Nemónico	Comentarios
200E	20			
200F	06		MVI B, 59 H	
2010	59			
2011	CD		CALL NORM	– Normaliza contador de segundos.
2012	27			
2013	20			
2014	CD		CALL NORM	– Normaliza minutos.
2015	27			
2016	20			
2017	96		MVI B,23 H	
2018	23			
2019	CD		CALL NORM	– Normaliza horas.
201A	27			
201B	20			
201C	20	R2:	RIM	– Espera que la entrada de red, pase a ϕ.
201D	B7		ORA A	
201E	FA		JM R2	
201F	1C			
2020	20			
2021	F1		POP PSW	– Restaura el estado del procedor.
2022	C1		POP B	
2023	D1		POP D	
2024	E1		POP H	
2025	EB		E1	– Sist. interrupciones en ON.
2026	C9		RET	
2027	7E	NORM:	MOV A,M	– Subrutina de normalización incrementa el contador correspondiente.
2028	CE		ACI O	
2029	00			
202A	27		DAA	– Direccionado por H1, si el carry = 1. Además normaliza el contenido al valor que indica el reg. B. Si el valor es > reg B coloca un cero.
202B	77		MOV M,A	
202C	78		MOV A,B	
202D	96		SUB M	
202E	D2		INC N1	
202F	33			
2030	20			
2031	36		MVI M,O	– Incrementa el par HL.
2032	00			
2033	23	N1:	INX 4	
2034	C9		RET	
2035			HORA	
2036			+1	
2037			+2	
2038			+3	
...				
20CE	C3			– Vector de interrupción correspondiente al RST 6.5 (salto a dirección 2.000).
20CF	00			
20D0	20			

PROGRAMA PRINCIPAL DEL RELOJ

Dirección	OP		Nemónico	Comentarios
2044	31		LXI SP,20C8	– Inicializa Stack Pointer.
2045	C8			
2046	20			
2047	3E		MVI A,0C	– Enmascarar interrupciones.
2048	0C			
2049	30		SIM	
204A	FB		EI	– Sistema interrupciones en ON.
204B	3A	BUCLE:	LDA HORA+1	
204C	36			
204D	20			
204E	CD		CALL UPTDT	– Visualización de los segundos.
204F	6E			
2050	03			
2051	3A		LDA HORA+3	– Paso de la hora al buffer de visualización.
2052	38			
2053	20			
2054	21		LXI H,BUFFER	
2055	7B			
2056	20			
2057	CD		CALL PASS	
2058	6C			
2059	20			
205A	3A		LDA HORA+2	– Paso de los minutoes al buffer de señalización.
205B	37			
205C	20			
205D	CD		CALL PASS	
205E	6E			
205F	20			
2060	21		LXI H,BUFFER	
2061	7B			
2062	20			
2063	3E		MVI A,0	– Visualización del buffer en el campo de dirección.
2064	00			
2065	47		MOV B,A	
2066	CD		CALL OUTPUT	
2067	B7			
2068	02			
2069	C3		JMP BUCLE	– Fin del bucle.
206A	4B			
206B	20			
206C	47	PASS:	MOV B,A	– Subrutina de paso de formato BDC al buffer de visualización.
206D	1F		RAR	
206E	1F		RAR	
206F	1F		RAR	
2070	1F		RAR	
2071	E6		ANI OF H	
2072	0F			
2073	77		MOV M,A	
2074	23		INX H	

(Continúa)

(Continuación)

Dirección	OP	Nemónico	Comentarios
2075	78	MOV A,B	
2076	E6	ANI OF H	
2077	0F		
2078	77	MOV M,A	
2079	23	INX H	
207A	C9	RET	
207B		BUFFER	– Buffer de visualización.
207C		+1	
207D		+2	
207E		+3	

PROGRAMA DE ENTRADA DE DATOS POR TECLADO

Dirección	OP		Nemónico	Comentarios
2063	2B		DCX H	
2064	78		MOV A,B	
2065	0D		DCR C	
2066	C2		JNZ L3	
2067	61			
2068	20			
2069	23		INX H	
206A	C3		JMP L2	
206B	45			
206C	20			
206D				– BUFFER
206E				+1
206F				+2
2070				+3
2071				+4
2072				+5
2073	E5	VINT:	PUSH H	– Inicio VECT. INT.
2074	D5		PUSH D	
2075	C5		PUSH B	– Salvar estado procesador.
2076	F5		PUSH PSW	
2077	3E		MVI A.0E H	– Enmascara las interrupciones de la red y de la tecla VECT INT.
2078	0E			
2079	30		SIM	
207A	CD		CALL SUB 1	
207B	39			
207C	20			
207D	21		LXI H,BUFFER	
207E	6D			
207F	20			
2080	CD		CALL MP 16	
2081	A0			
2082	20			

(Continúa)

(Continuación)

Dirección	OP	Nemónico	Comentarios
2083	32	STA HORA+3	– Hora.
2084	38		
2085	20		
2086	CD	CALL MP 16	
2087	A0		
2088	20		
2089	32	STA HORA+2	– Minutos.
208A	37		
208B	20		
208C	CD	CALL MP 16	
208D	A0		
208E	20		
208F	32	STA HORA+1	– Segundos.
2090	36		
2091	20		
2092	AF	XRA A	
2093	32	STA HORA	– Coloca a ϕ el contador de 20 mseg., el sistema de interrupciones en OFF y quita la máscara de interrupción.
2094	35		
2095	20		
2096	F3	D1	
2097	3E	MVI A,8	
2098	08		
2099	30	SIM	
209A	F1	POP PSW	– Restaura estado.
209B	C1	POP B	
209C	D1	POP D	
209D	E1	POP H	
209E	FB	E1	– Interrupciones ON.
209F	C9	RET	
20A0	7E	MOV A,M	– Subrutina de paso a BCD; pasa el contenido de 2 posiciones de memoria, direccionadas por HL, a formato BCD en el registro A.
20A1	87	ADD A	
20A2	87	ADD A	
20A3	87	ADD A	
20A4	87	ADD A	
20A5	23	INX H	
20A6	C9	ADD M	
20A7	23	INX H	
20A8	C9	RET	
...			
20D4	C3	JMP VINT	– Vector de interrupción.
20D5	73		
20D6	20		

Programa para la entrada de datos por teclado

La puesta en hora del reloj, mediante la subrutina que hace uso de la tecla VECT INT, se realiza con un programa que visualiza en el display

las teclas que se van pulsando, almacenando dichos valores en el buffer de memoria destinado a contener la hora. Este programa puede cargarse y probarse con carácter independiente del correspondiente al reloj digital y se inicia en la posición de memoria 2000.

Para la entrada de datos y su visualización, se utilizan dos subrutinas residentes en el programa Monitor del SDK-85. La primera de ellas, denominada RDKBD comienza en la dirección 0237 y se encarga de dejar en el Acumulador el valor de la tecla pulsada. La segunda subrutina OUTPUT, comienza en la dirección 02B7 y visualiza en el campo del dato del display, o por el de dirección, el contenido del buffer de memoria. Antes de la llamada da subrutina, los parámetros que han de colocarse adecuadamente, son:

Registro HL : Indica la dirección del buffer a visualizar.

Registro A = 0. Indica la visualización en el campo de dirección.

Registro A = 1. Indica la visualización en el campo de datos.

Registro B = 1. Visualiza el punto decimal a la derecha.

Registro B = 0. Punto decimal apagado.

El buffer de memoria, donde se deposita el resultado o valor de las teclas pulsadas, se denomia BUFFER y al principio del programa se inicializa con todos sus bits a cero.

La figura 252 muestra la estructura y el diagrama de desplazamiento del buffer de memoria.

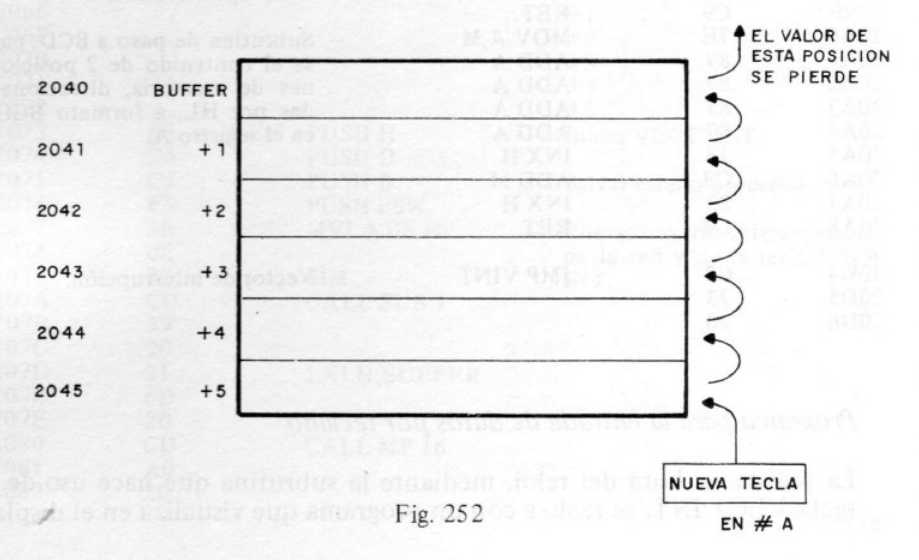


Fig. 252

Finalmente, en la figura 253 se ofrece el diagrama de flujo de esta subrutina, seguido del programa correspondiente.

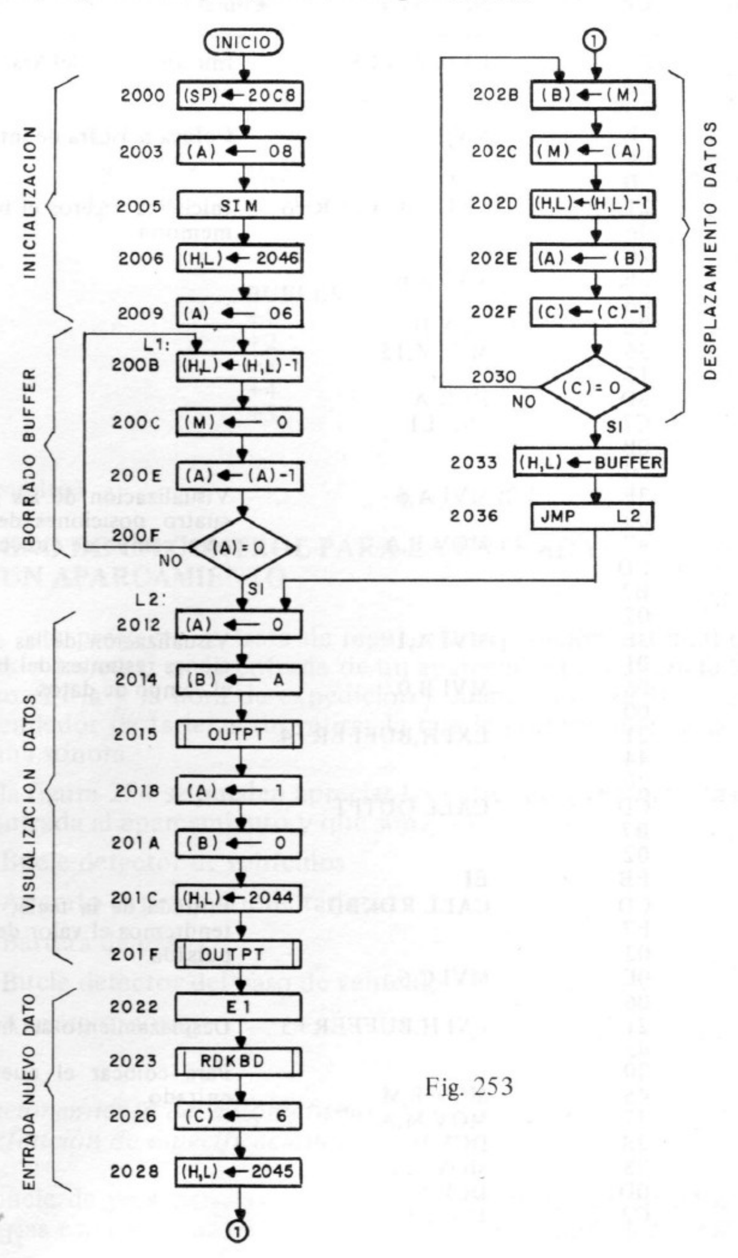


Fig. 253

PROGRAMA DE ENTRADA DE DATOS POR TECLADO Y VISUALIZACION EN EL DISPLAY

Dirección	OP	Nemónico	Comentarios
2000	31	LXI SP,2ϕC8	– Inicialización del Stack.
2001	C8		
2002	20		
2003	3E	MVI A,8	– Coloca máscara de interrup.
2004	08		
2005	30	SIM	
2006	21	LXI H,BUFFER+6	– Inicializa a ceros el buffer de memoria.
2007	46		
2008	20		
2009	3E	MVI A,6	
200A	06		
200B	2B	L1: DCX H	
200C	36	MVI M,15	
200D	15		
200E	3D	DCR A	
200F	C2	JNZ L1	
2010	0B		
2011	20		
2012	3E	L2: MVI A,ϕ	– Visualización de las primeras cuatro posiciones del buffer en el campo de dirección.
2013	00		
2014	47	MOV B,A	
2015	CD		
2016	B7		
2017	02		
2018	3E	MVI A,1	– Visualización de las dos posiciones restantes del buffer en el campo de datos.
2019	01		
201A	06	MVI B,0	
201B	00		
201C	21	LXI H,BUFFER+4	
201D	44		
201E	20		
201F	CD	CALL OUTPT	
2020	B7		
2021	02		
2022	FB	EI	
2023	CD	CALL RDKBD	– Entrada de la tecla. En Reg. tendremos el valor de la tecla pulsada.
2024	E7		
2025	02		
2026	0E	MVI C,6	
2027	06		
2028	21	LXI H,BUFFER+5	– Desplazamiento del buffer.
2029	45		
202A	20		– Para colocar el nuevo valor entrado.
202B	46	MOV B,M	
202C	77	MOV M,A	
202D	2B	DCX H	
202E	78	MOV A,B	
202F	0D	DCR C	
2030	C2	JNZ L3	

(Continúa)

(Continuación)

Dirección	OP	Nemónico	Comentarios
2031	2B		
2032	20		
2033	21	LXI H,BUFFER	
2034	40		
2035	20		
2036	C3	JMP L2	– Vuelve al inicio del bucle.
2037	12		
2038	20		
2040		BUFFER	
2041		+1	
2042		+2	
2043		+3	
2044		+4	
2045		+5	

(3) **(Resuelto)**

DISEÑO DE UN CONTROL PARA LA ENTRADA EN UN APARCAMIENTO

Con este proyecto se trata de regular la expedición automática de tickets o tarjetas, en la entrada de un aparcamiento. La tarjeta lleva impreso el día y la hora de expedición y cuando un vehículo pasa por el expendedor de tarjetas sin retirar la que le corresponde, se activa una alarma sonora.

En la figura 254 se pueden apreciar las partes de que consta la estación de entrada al aparcamiento y que son:

- Bucle detector de vehículos
- Aparato expendedor de tarjetas.
- Barrera de paso.
- Bucle detector del paso de vehículo.
- Alarma sonora.

Funcionamiento del automatismo y definición de especificaciones

El bucle de presencia, así como el de paso, están constituidos por una o varias espiras, situadas debajo del pavimento, por las que circula una

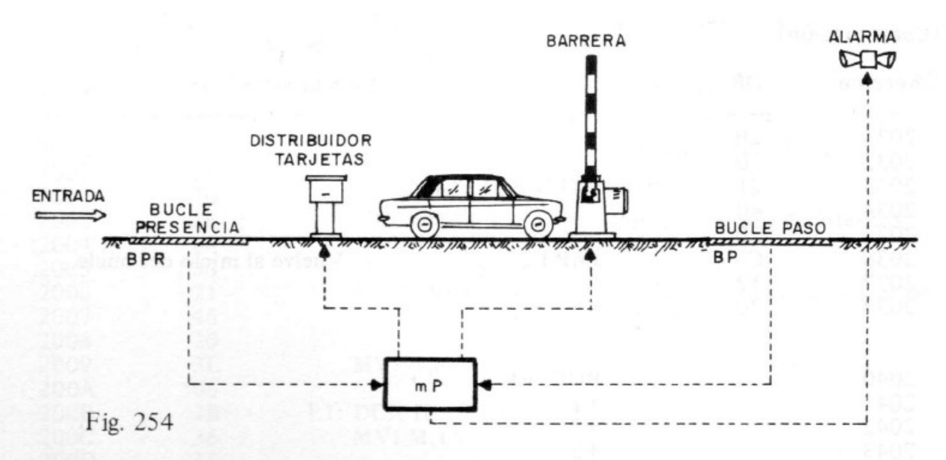


Fig. 254

corriente eléctrica. Cuando una masa metálica, como la de un vehículo, se coloca encima del bucle, se produce una variación del flujo magnético, que origina una corriente inducida en las espiras, que tras ser detectada, se adapta y se filtra hasta conformar una señal que puede ser leida por una línea de entrada de información del sistema microcomputador. Luego los bucles magnéticos, generan un estado lógico, que varía al situarse sobre ellos un coche.

El distribuidor de tarjetas proporciona al usuario del aparcamiento una tarjeta en la que está impreso el día y la hora de llegada.

La misión de la barrera es la de franquear el paso a los vehículos y se controla mediante un relé, cuyos contactos cierran el circuito de alimentación del motor que levanta o baja la barrera. Se desconecta automáticamente, a través de sendos contactos fin de carrera, al alcanzar la barrera su posición final.

El funcionamiento del bucle de paso es idéntico al de presencia, sólo que su misión consiste en comunicar al microcomputador que el vehículo ha atravesado la estación de control.

La secuencia que se está describiendo, es la siguiente:

1) Entra un vehículo al aparcamiento y se coloca sobre el bucle de presencia, originándose un estado de activación que informa del acontecimiento al sistema basado en el microprocesador.

2) La detección de la activación del bucle de presencia, produce las operaciones necesarias para la emisión de una tarjeta impresa por el distribuidor.

3) Cuando el usuario extrae la tarjeta del distribuidor, el sistema originará la orden de abrir la barrera, procediendo a la energización del relé que controla el motor.

4) Al pasar el vehículo por el bucle de paso, se produce la bajada de la barrera, dando por terminada la operación normal de trabajo de la estación.

Para implementar este ejemplo sobre el uNAND-85 y siguiendo las instrucciones de su constructor, el Sr. Carrera de Aplicaciones Digitales, se simulan los elementos de la estación del aparcamiento, mediante interruptores y diodos luminosos LED, como se indica a continuación.

"Bucle de presencia".–Se simula mediante un interruptor de dos posiciones. Si está abierto o desconectado indica la ausencia de vehículo y cuando está cerrado, la presencia.

"Emisor de tarjetas".–Lo simula un diodo luminiscente, que indica la salida de una tarjeta cuando se enciende. Hay otro interruptor que representa la extracción de la tarjeta por parte del usuario.

"Barrera".–Simulada por un diodo LED, que al encenderse indica que la barrera está abierta y cerrada cuando está apagado.

"Bucle de paso".–Su acción se representa mediante un interruptor, que indica el paso del vehículo sobre dicho bucle, cuando se cierran sus contactos.

"Alarma".–Otro LED simula la alarma, que se enciende cuando no se extrae la tarjeta. También existe otro pulsador para la anulación de la alarma.

En la figura 255 se presentan los diversos elementos que simulan los elementos del aparcamiento, con su diagrama eléctrico de conexionado.

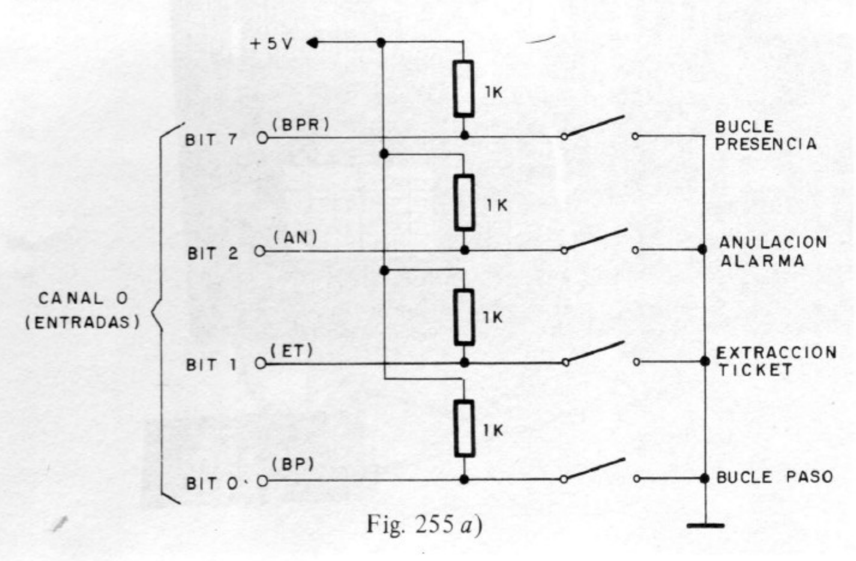


Fig. 255 *a*)

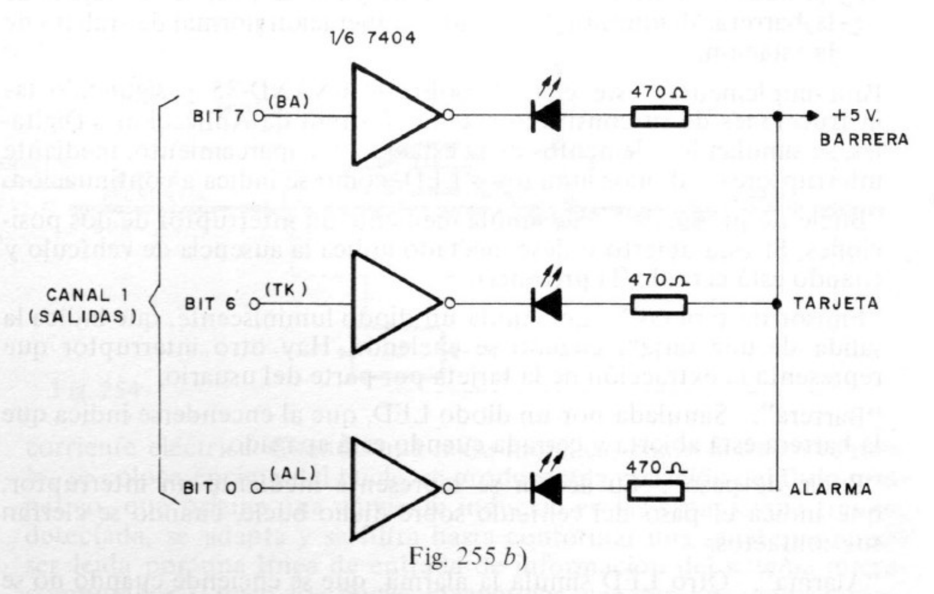


Fig. 255 *b*)

La figura 256 muestra una fotografía del montaje de los componentes que simulan la estación de entrada al aparcamiento sobre el uNAND 85, que consiste básicamente en el sistema SDK-85.

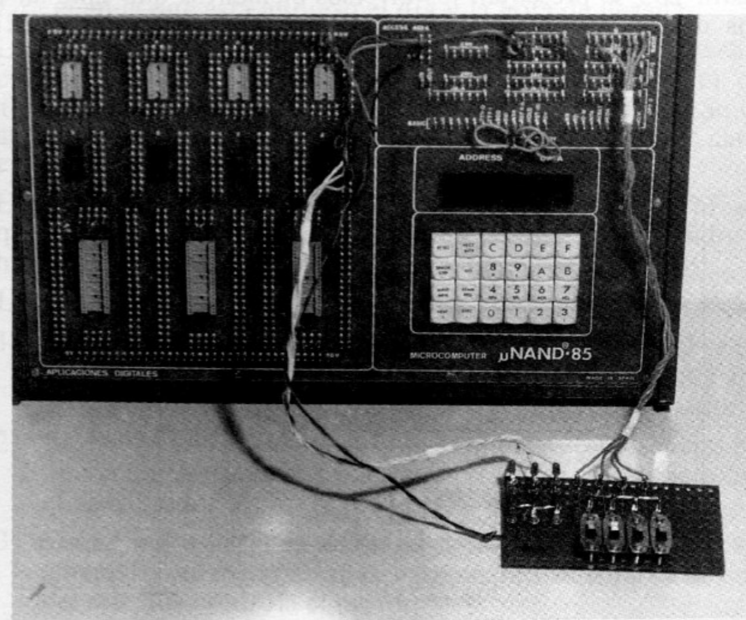


Fig. 256

Durante la ejecución del programa, el microprocesador 8085 consulta a dos indicadores internos: FLGT y FLGAL. El primero controla la emisión de la tarjeta, de forma que cuando se detecta la presencia del vehículo, el indicador se pone en nivel 1 y se emite el ticket, bloqueando una nueva emisión, hasta que éste vehículo haya abandonado el bucle de paso BP. Esto asegura que en ningún caso se expendan más tarjetas de las necesarias.

Está previsto, que cuando un vehículo pase por delante del emisor, sin recoger la tarjeta, suene una alarma, con dos fines: 1.ª) Avisar del acontecimiento al empleado del aparcamiento y 2.ª) Al propio conductor del coche, dado que el olvido de la tarjeta, suele repercutir en el cobro de la tarifa más elevada. En esta situación anómala, el vehículo puede dar marcha atrás y retirar la tarjeta, con lo que continuará el proceso normal, procediendo a la apertura de la barrera. Puede suceder, que otro vehículo haya ocupado la zona del bucle de presencia y el primero no pueda retroceder. En este caso, la extracción del ticket, también originará la subida de la barrera, siguiendo, tras la bajada de la barrera, el proceso normal con el segundo vehículo.

Existe una tercera posibilidad, cuando se quede una tarjeta en el emisor sin recoger (marcha atrás del vehículo que entraba) y quede el bucle de presencia sin ningún vehículo. En esta situación si se extrae la tarjeta, no se produce la subida de la barrera, al no haber nada sobre el bucle de presencia BPR, quedando el sistema listo para seguir el funcionamiento normal.

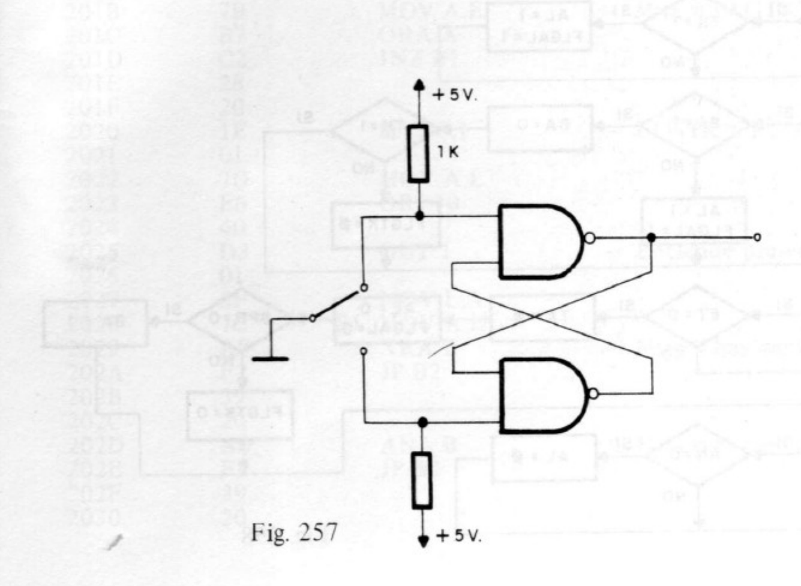


Fig. 257

El indicador FLGAL, tiene como misión el control de la anulación de la alarma, desactivándose automáticamente, de todas las formas, cuando se procede a la extracción de la tarjeta del distribuidor.

El programa, contiene una subrutina, denominada FILTR, encargada de eliminar los rebotes mecánicos que producen los interruptores. Así, el circuito antirebotes, que puede ser implementado por hardware, tal como aparece en la figura 257, queda sustituido por software.

Finalmente la figura 258 presenta el ordinograma al que responde el programa de control de la estación, que se ofrece a continuación.

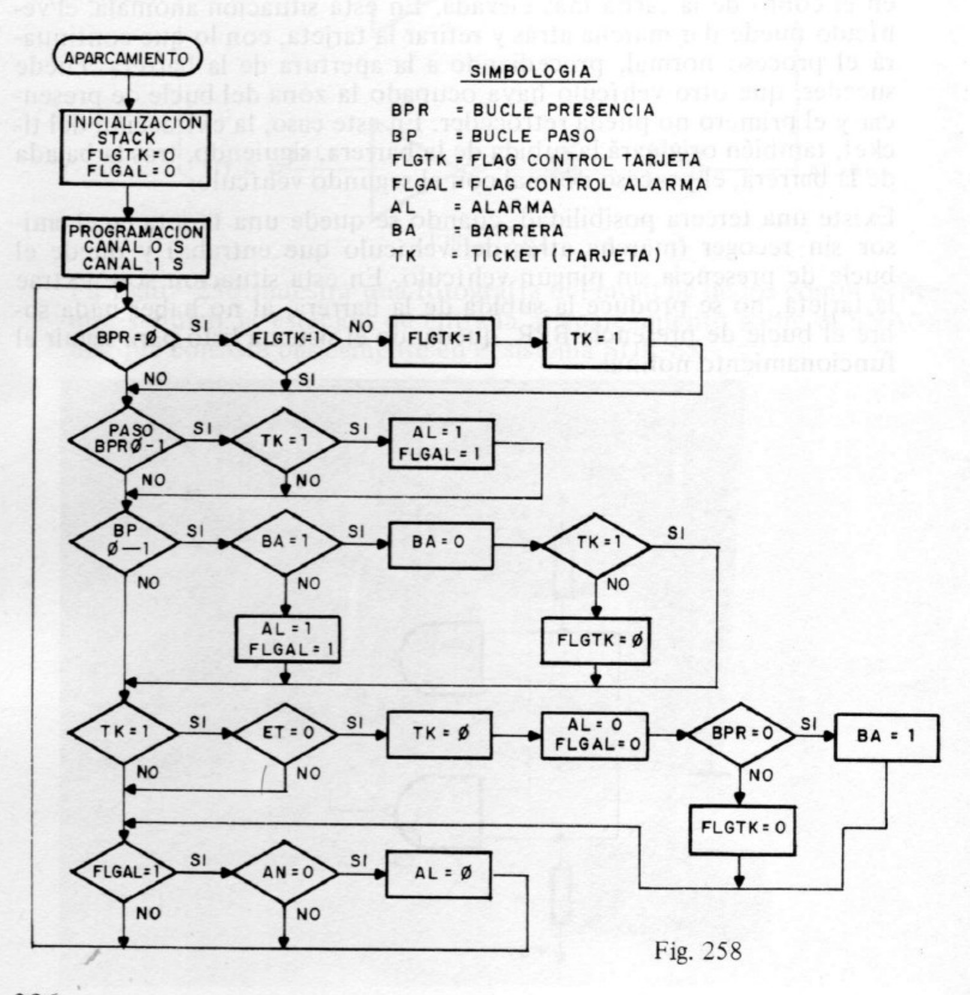


Fig. 258

PROGRAMA DE INSTRUCCIONES PARA EL CONTROL DE ENTRADA DE APARCAMIENTO

Dirección	OP	Nemónico	Comentarios
2000	31	LXI SP,20C8	– Inicialización Stack.
2001	C8		
2002	20		FLGTK= reg E
2003	3E	MVI A,0	FLGAL= reg C
2004	00		MEMO = reg H
2005	5F	MOV E,A	– Inicialización flags de ticket y
2006	4F	MOV C,A	y alarma.
2007	D3	OUT 2	– Programación de los canales
2008	02		de I/O.
2009	3E	MVI A,FF	0 Entrada
200A	FF		1 Salida
200B	D3	OUT 3	
200C	03		
200D	47	MOV B,A	– Inicia estado interruptor.
200E	3E	MVI A,0	– Apaga salidas (LEDS)
200F	00		
2010	D3	OUT 1	
2011	01		
2012	6F	MOV L,A	– Momoriza estado leds.
2013	60	BUC: MOV H,B	– Momoriza estado anterior.
2014	CD	CALL FILTR	– Entrada interruptores me-
2015	A0		diante la subrutina de lectura.
2016	20		
2017	B7	ORA A	
2018	FA	JM B1	– Estado BPR
2019	28		BPR= 0
201A	20		
201B	7B	MOV A,E	– Mira si FLGTK= 0.
201C	B7	ORA A	
201D	C2	JNZ B1	
201E	28		
201F	20		
2020	1E	MVI E,1	– FLGTK= 1.
2021	01		
2022	7D	MOV A,L	
2023	F6	ORI 40	
2024	40		
2025	D3	OUT 1	– Enciende presencia de tarjeta.
2026	01		
2027	6F	MOV L,A	
2028	7C	B1: MOV A,H	
2029	A8	XRA B	– Mira si hay cambio BPR.
202A	F2	JP B2	
202B	39		
202C	20		
202D	A0	ANA B	– Mira si es paso a 1.
202E	F2	JP B2	
202F	39		
2030	20		

(Continúa)

(Continuación)

Dirección	OP	Nemónico	Comentarios
2031	7D	MOV A,L	– Mira si ticket está activado.
2032	87	ADD A	
2033	F2	JP B2	
2034	39		
2035	20		
2036	CD	CALL ALAR	– Si ejecuta subrutina de alarma.
2037	98		
2038	20		
2039	7C	B2: MOV A,H	– ¿Cambio en BP?
203A	A8	XRA B	
203B	E6	ANI 1	
203C	01		
203D	CA	JZ B3	– No.
203E	5A		
203F	20		
2040	A0	ANA B	– Mira si es cambio de ϕ a 1.
2041	CA	JZ B3	
2042	5A		
2043	20		
2044	7D	MOV A,L	– Mira bit de barrera.
2045	B7	ORA A	
2046	F2	JP B33	
2047	57		
2048	20		
2049	E6	ANI 7F	– Apaga indicador de barrera.
204A	7F		
204B	D3	OUT 1	
204C	01		
204D	6F	MOV L,A	
204E	87	ADD A	– Mira si hay ticket.
204F	FA	JM B3	
2050	5A		
2051	2A		
2052	1E	MVI E,0	– FLGTK = 0.
2053	00		
2054	C3	JMP B3	
2055	5A		
2056	20		
2057	CD	B33: CALL ALAR	– Subrutina de alarma.
2058	98		
2059	20		
205A	7D	B3: MOV A,L	– Mira si hay ticket.
205B	87	ADD A	
205C	F2	JP B4	– No.
205D	82		
205E	20		
205F	7C	MOV A,H	– Hay ticket. Comprueba.
2060	A8	XRA B	– Si hay extracción.
2061	E6	ANI 2	

(Continúa)

(Continuación)

Dirección	OP	Nemónico	Comentarios
2062	02		
2063	CA	JZ B4	– No.
2064	82		
2065	20		
2066	A0	ANA B	– Es paso a 1.
2067	C2	JNZ B4	– Si, continúa.
2068	82		
2069	20		
206A	7D	MOV A,L	– Hay extracción de ticket.
206B	E6	ANI BE	– Apaga indicador.
206C	BE		
206D	D3	OUT 1	
206E	01		
206F	6F	MOV L,A	
2070	0E	MVI C,0	– Resetea FLGAL.
2071	00		
2072	78	MOV A,B	– BPR= ϕ?
2073	B7	ORA A	
2074	FA	JM B44	– No.
2075	80		
2076	20		
2077	7D	MOV A,L	– Sí, sube barrera.
2078	F6	ORI 80	
2079	80		
207A	D3	OUT 1	
207B	01		
207C	6F	MOV L,A	
207D	C3	JMP B4	
207E	82		
207F	20		
2080	1E	B44: MVI E,0	– No había vehículo sobre BPR en la extracción de ticket.
2081	00		
2082	79	B4: MOV A,C	
2083	B7	ORA A	– FLGAL= ϕ?
2084	CA	JZ BUC	– Sí, vuelve al bucle.
2085	13		
2086	20		
2087	78	MOV A,B	– Mira si hay anulación de alarma.
2088	E6	ANI 4	
2089	04		
208A	C2	JNZ BUC	– No vuelve al bucle.
208B	13		
208C	20		
208D	7D	MOV A,L	– Sí, anula alarma.
208E	E6	ANI FE	
208F	FE		
2090	D3	OUT 1	
2091	01		
2092	6F	MOV L,A	

(Continúa)

(Continuación)

Dirección	OP		Nemónico	Comentarios
2093	0E		MVI C,0	
2094	00			
2095	C3		JMP BUC	
2096	13			
2097	20			
2098	7D	ALAR:	MOV A,L	– Subrutina de alarma.
2099	F6		ORI 1	
209A	01			
209B	D3		OUT 1	
209C	01			
209D	6F		MOV L,A	
209E	4F		MOV C,A	– FLGAL $\neq \phi$.
209F	C9		RET	
20A0	16	FILTR:	MVI D,0	– Subrutina de lectura del estado de los interruptores.
20A1	00			
20A2	DB		IN 0	
20A3	00			
20A4	47		MOV B,A	– Filtra la lectura efectuando 256 veces la misma, antes de darla como buena.
20A5	DB	D1:	IN 0	
20A6	00			
20A7	A8		XRA B	
20A8	C2		JNZ FILTR	– Sirve para evitar los rebotes a que dan lugar los interruptores.
20A9	A0			
20AA	20			
20AB	15		DCR D	
20AC	78		MOV A,B	
20AD	C8		RZ	
20AE	C3		JMP F1	
20AF	A5			
20B0	20			

FIN DEL PROGRAMA

Formulario

Primera parte: ELECTRICIDAD

1 C (Culombio) = $6{,}23 \cdot 10^{18}$ e$^-$

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

$$I\ (\text{Amperios}) = \frac{Q\ (\text{Culombios})}{t\ (\text{segundos})}$$

$$R\ (\text{ohmios}) = \rho \cdot \frac{L\ (\text{metros})}{S\ (\text{mm}^2)}$$

Resistencias en serie: $R_T = R_1 + R_2 + R_3$

Resistencias en paralelo: $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Ley de Ohm: $I\ (A) = \frac{V\ (V)}{R\ (\Omega)}$

Generadores de c.c. en serie: $V_T = V_1 + V_2 + V_3$

Generadores en paralelo: $V_T = V_1 = V_2 = V_3$

Potencia: $P = V \cdot I = I^2 \cdot R = V^2/R$ (P en vatios, V en voltios e I en amperios)

Corriente alterna:

$f = \frac{1}{T}$ y $T = \frac{1}{f}$

Valores eficaces: $I = I_{máx}/1{,}41$; $V = V_{máx}/1{,}41$

Condensadores:

$$C\text{ (Faradios)} = \frac{Q\text{ (Culombios)}}{V\text{ (Voltios)}}$$

$$C = K \cdot \frac{S}{e}$$

Tiempo de carga práctico: T (segundos) = C (Faradios) · R (Ω) · 5

Reactancia capacitiva:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Condensadores en paralelo: $C_T = C_1 + C_2 + C_3$

Condensadores en serie: $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

Bobinas y transformadores

Reactancia inductiva: $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

Relación del transformador: $V_1/V_2 = N_1/N_2 = I_2/I_1$

Impedancia y resonancia

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Frecuencia de resonancia: $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot C}}$ de un circuito L – C

Segunda parte: ELECTRONICA CON VALVULAS DE VACIO

Tensión media de c.c. de un rectificador de media onda

$Vcc = Vo/3{,}14$

Tensión media de c.c. de un rectificador de onda completa

$$Vcc = 2 \cdot Vo/3{,}14$$

Tensión eficaz del zumbido en un rectificador de media onda

$$V_{ef} \text{ zumbido} = 4{,}5 \frac{I\ (mA)}{C\ (\mu F)}$$

Tensión eficaz de zumbido en un rectificador de onda completa

$$V_{ef} = 1{,}7 \frac{I\ (mA)}{C\ (\mu F)}$$

Factor de amplificación

$$\mu = \frac{V_{a1} - V_{a2}}{V_{g1} - V_{g2}} = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$$

Resistencia interna de una válvula

$$Ri = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}\ \Omega$$

Pendiente de una válvula

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$$

$$\mu = R_i \cdot S$$

Ganancia o amplificación de un circuito

$$\text{Ganancia} = \frac{R_C}{R_C + R_i} \cdot \mu$$

Factor de calidad

$$Q = X_L/R = X_C/R$$

Longitud de onda

$\lambda = 300.000.000/f$ (Hz), metros

Tercera parte: ELECTRONICA CON SEMICONDUCTORES

Fórmulas similares a las utilizadas con válvulas de vacío. Además téngase presentes:

$$I_E = I_C + I_B ; \quad V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

Ganancia de tensión de un transistor $G_V = \frac{\Delta V_{Colector}}{\Delta V_{Base}}$

Ganancia de corriente de un transistor (β) $G_I = \frac{\Delta I_{Colector}}{\Delta I_{Base}}$

Resistencia de entrada $= \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}$; Resistencia de salida $= \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}$

Cuarta parte: CIRCUITOS INTEGRADOS ANALOGICOS Y DIGITALES AMPLIFICADORES OPERACIONALES

Ganancia de un A.O. ideal:

$$G = \frac{V_s}{V_E} = \frac{-R_r}{R_e}$$

Si se considera finita la ganancia interna del amplificador,

$$G = \frac{\beta \cdot A_v}{1 + \beta \cdot A_v} \qquad \alpha = \frac{R_r}{R_e + R_r} \quad y \quad \beta = \frac{R_e}{R_e + R_r}$$

Amplificador de tensión inversor

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{-R}{r}$$

Amplificador no inversor

$$\frac{V_s}{V_e} = (1 + \frac{R}{r})$$

Sumador inversor

$$V_s = -R\left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}\right)$$

Circuito diferencial

$$V_s = \frac{R_2}{R_1}\,(V_2 - V_1)$$

Amplificador logarítmico

$$V_s = -0{,}06 \log V_e + K, (K = 0{,}06 \log \frac{1}{R_e \cdot I_0})$$

Circuito integrador

$$v_o = v_o\,(0) + \frac{-1}{R \cdot C} \int_0^t v_i\,(t) \cdot dt$$

Circuito diferenciador

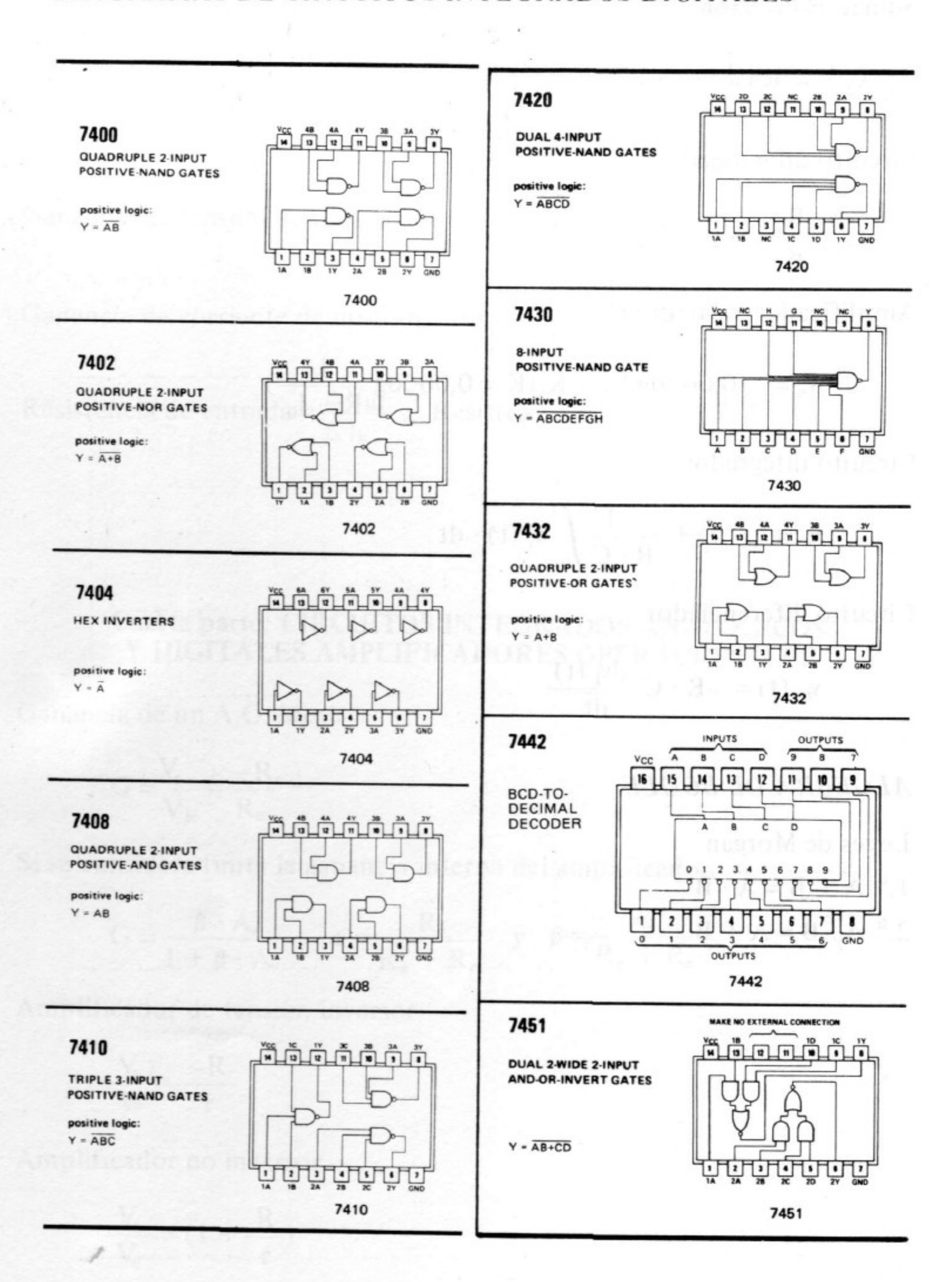
$$v_o\,(t) = -R \cdot C\,\frac{dv_i\,(t)}{dt}$$

ALGEBRA DE BOOLE

Leyes de Morgan

1.ª $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$

2.ª $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

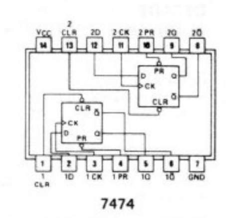

7400
QUADRUPLE 2-INPUT
POSITIVE-NAND GATES
positive logic:
Y = $\overline{AB}$
7400
7402
QUADRUPLE 2-INPUT
POSITIVE-NOR GATES
positive logic:
Y = $\overline{A+B}$
7402
7404
HEX INVERTERS
positive logic:
Y = $\overline{A}$
7404
7408
QUADRUPLE 2-INPUT
POSITIVE-AND GATES
positive logic:
Y = AB
7408
7410
TRIPLE 3-INPUT
POSITIVE-NAND GATES
positive logic:
Y = $\overline{ABC}$
7410
7420
DUAL 4-INPUT
POSITIVE-NAND GATES
positive logic:
Y = $\overline{ABCD}$
7420
7430
8-INPUT
POSITIVE-NAND GATE
positive logic:
Y = $\overline{ABCDEFGH}$
7430
7432
QUADRUPLE 2-INPUT
POSITIVE-OR GATES
positive logic:
Y = A+B
7432
7442
BCD-TO-
DECIMAL
DECODER
INPUTS
OUTPUTS
OUTPUTS
7442
7451
DUAL 2-WIDE 2-INPUT
AND-OR-INVERT GATES
Y = $\overline{AB+CD}$
MAKE NO EXTERNAL CONNECTION
7451

7474

DUAL D-TYPE POSITIVE-EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
PRESET	CLEAR	CLOCK	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H*	H*
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q_0	$\bar{Q}_0$



7474

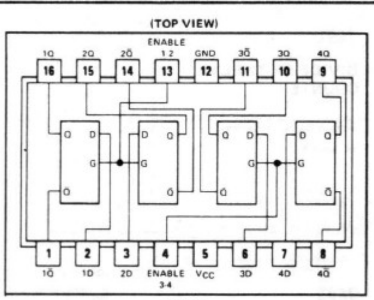
7475

QUADRUPLE D TYPE LATCH

FUNCTION TABLE
(Each Latch)

INPUTS		OUTPUTS	
D	G	Q	$\bar{Q}$
L	H	L	H
H	H	H	L
X	L	Q_0	$\bar{Q}_0$

H = high level, L = low level, X = irrelevant
Q_0 = the level of Q before the high-to-low transition of G



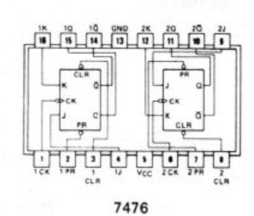
7475

7476

DUAL J-K FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

FUNCTION TABLE

INPUTS					OUTPUTS	
PRESET	CLEAR	CLOCK	J	K	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	X	H	L
H	L	X	X	X	L	H
L	L	X	X	X	H*	H*
H	H	⎍	L	L	Q_0	$\bar{Q}_0$
H	H	⎍	H	L	H	L
H	H	⎍	L	H	L	H
H	H	⎍	H	H	TOGGLE	

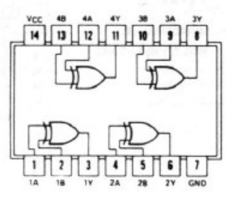


7476

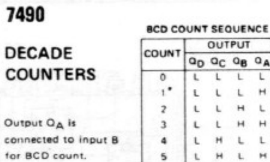
7486

QUADRUPLE EXCLUSIVE-OR GATES

positive logic: $Y = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$



7486



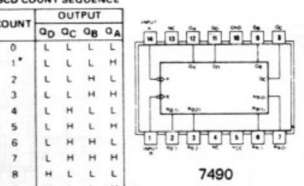
7490

DECADE COUNTERS

Output Q_A is connected to input B for BCD count.

BCD COUNT SEQUENCE

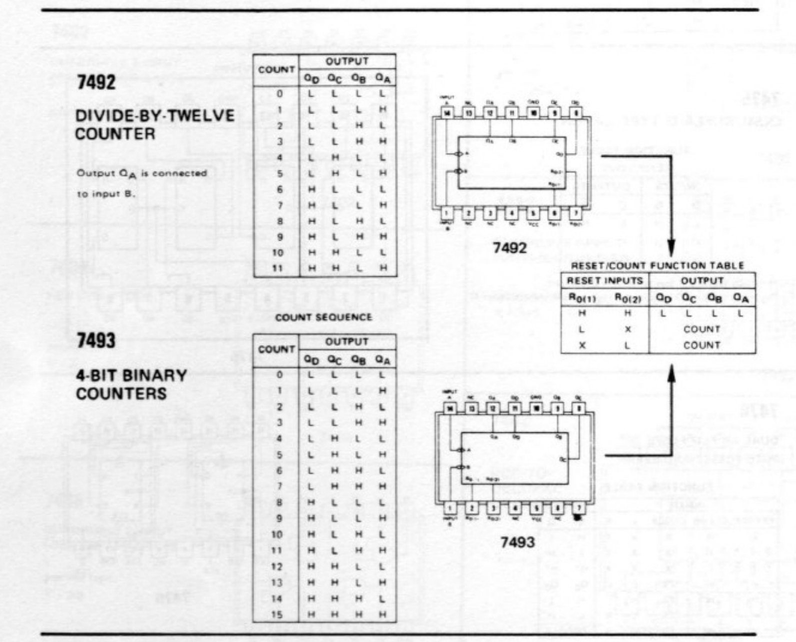
COUNT	OUTPUT			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
0	L	L	L	L
1*	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H



7490

RESET/COUNT FUNCTION TABLE

RESET INPUTS				OUTPUT			
$R_{0(1)}$	$R_{0(2)}$	$R_{9(1)}$	$R_{9(2)}$	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			



7492

DIVIDE-BY-TWELVE COUNTER

Output Q_A is connected to input B.

COUNT	OUTPUT			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	H	L	L	L
7	H	L	L	H
8	H	L	H	L
9	H	L	H	H
10	H	H	L	L
11	H	H	L	H

7492

RESET/COUNT FUNCTION TABLE

RESET INPUTS		OUTPUT			
$R_{0(1)}$	$R_{0(2)}$	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
H	H	L	L	L	L
L	X	COUNT			
X	L	COUNT			

COUNT SEQUENCE

7493

4-BIT BINARY COUNTERS

COUNT	OUTPUT			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

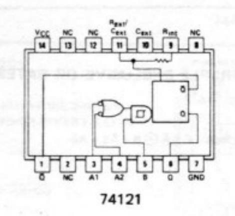
7493

74121

MONOSTABLE MULTIVIBRATORS

FUNCTION TABLE

INPUTS			OUTPUTS	
A1	A2	B	Q	$\bar{Q}$
L	X	H	L	H
X	L	H	L	H
X	X	L	L	H
H	H	X	L	H
H	↓	H	⊓	⊔
↓	H	H	⊓	⊔
↓	↓	H	⊓	⊔
L	X	↑	⊓	⊔
X	L	↑	⊓	⊔



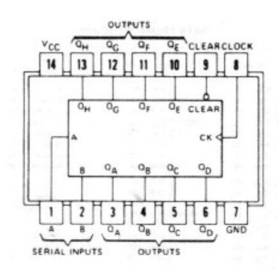
74121

74164

8-BIT PARALLEL-OUT SERIAL SHIFT REGISTERS

FUNCTION TABLE

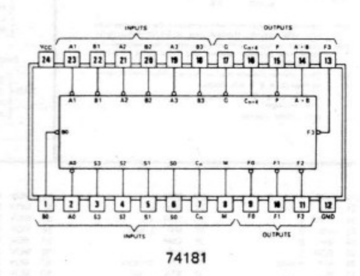
INPUTS				OUTPUTS		
CLEAR	CLOCK	A	B	Q_A	Q_B	... Q_H
L	X	X	X	L	L	L
H	L	X	X	Q_{A0}	Q_{B0}	Q_{H0}
H	↑	H	H	H	Q_{An}	Q_{Gn}
H	↑	L	X	L	Q_{An}	Q_{Gn}
H	↑	X	L	L	Q_{An}	Q_{Gn}



74164

74181

ARITHMETIC LOGIC UNITS/ FUNCTION GENERATORS



74181

SELECTION	ACTIVE HIGH DATA		
	M = H	M = L; ARITHMETIC OPERATIONS	
S3 S2 S1 S0	LOGIC FUNCTIONS	C_n = H (no carry)	C_n = L (with carry)
L L L L	F = $\overline{A}$	F = A	F = A PLUS 1
L L L H	F = $\overline{A + B}$	F = A + B	F = (A + B) PLUS 1
L L H L	F = $\overline{A}B$	F = A + $\overline{B}$	F = (A + $\overline{B}$) PLUS 1
L L H H	F = 0	F = MINUS 1 (2's COMPL)	F = ZERO
L H L L	F = $\overline{AB}$	F = A PLUS A$\overline{B}$	F = A PLUS A$\overline{B}$ PLUS 1
L H L H	F = $\overline{B}$	F = (A + B) PLUS A$\overline{B}$	F = (A + B) PLUS A$\overline{B}$ PLUS 1
L H H L	F = A ⊙ B	F = A MINUS B MINUS 1	F = A MINUS B
L H H H	F = A$\overline{B}$	F = A$\overline{B}$ MINUS 1	F = A$\overline{B}$
H L L L	F = $\overline{A}$ + B	F = A PLUS AB	F = A PLUS AB PLUS 1
H L L H	F = $\overline{A ⊙ B}$	F = A PLUS B	F = A PLUS B PLUS 1
H L H L	F = B	F = (A + $\overline{B}$) PLUS AB	F = (A + $\overline{B}$) PLUS AB PLUS 1
H L H H	F = AB	F = AB MINUS 1	F = AB
H H L L	F = 1	F = A PLUS A*	F = A PLUS A PLUS 1
H H L H	F = A + $\overline{B}$	F = (A + B) PLUS A	F = (A + B) PLUS A PLUS 1
H H H L	F = A + B	F = (A + $\overline{B}$) PLUS A	F = (A + $\overline{B}$) PLUS A PLUS 1
H H H H	F = A	F = A MINUS 1	F = A

*Each bit is shifted to the next more significant position.

SELECTION	ACTIVE LOW DATA		
	M = H	M = L; ARITHMETIC OPERATIONS	
S3 S2 S1 S0	LOGIC FUNCTIONS	C_n = L (no carry)	C_n = H (with carry)
L L L L	F = $\overline{A}$	F = A MINUS 1	F = A
L L L H	F = $\overline{AB}$	F = AB MINUS 1	F = AB
L L H L	F = $\overline{A}$ + B	F = A$\overline{B}$ MINUS 1	F = A$\overline{B}$
L L H H	F = 1	F = MINUS 1 (2's COMP)	F = ZERO
L H L L	F = $\overline{A + B}$	F = A PLUS (A + $\overline{B}$)	F = A PLUS (A + $\overline{B}$) PLUS 1
L H L H	F = $\overline{B}$	F = AB PLUS (A + $\overline{B}$)	F = AB PLUS (A + $\overline{B}$) PLUS 1
L H H L	F = $\overline{A ⊙ B}$	F = A MINUS B MINUS 1	F = A MINUS B
L H H H	F = A + $\overline{B}$	F = A + $\overline{B}$	F = (A + $\overline{B}$) PLUS 1
H L L L	F = $\overline{A}B$	F = A PLUS (A + B)	F = A PLUS (A + B) PLUS 1
H L L H	F = A ⊙ B	F = A PLUS B	F = A PLUS B PLUS 1
H L H L	F = B	F = A$\overline{B}$ PLUS (A + B)	F = A$\overline{B}$ PLUS (A + B) PLUS 1
H L H H	F = A + B	F = A + B	F = (A + B) PLUS 1
H H L L	F = 0	F = A PLUS A*	F = A PLUS A PLUS 1
H H L H	F = A$\overline{B}$	F = AB PLUS A	F = AB PLUS A PLUS 1
H H H L	F = AB	F = A$\overline{B}$ PLUS A	F = A$\overline{B}$ PLUS A PLUS 1
H H H H	F = A	F = A	F = A PLUS 1

Quinta parte: PROGRAMACION Y DISEÑO CON MICROPROCESADORES

JUEGO DE INSTRUCCIONES DEL 8085 POR GRUPOS DE INSTRUCCIONES Y POR ORDEN DE SUS CODIGOS DE OPERACION

DATA TRANSFER GROUP

Move

MOV	A.A	7F
	A.B	78
	A.C	79
	A.D	7A
	A.E	7B
	A.H	7C
	A.L	7D
	A.M	7E
MOV	B.A	47
	B.B	40
	B.C	41
	B.D	42
	B.E	43
	B.H	44
	B.L	45
	B.M	46
MOV	C.A	4F
	C.B	48
	C.C	49
	C.D	4A
	C.E	4B
	C.H	4C
	C.L	4D
	C.M	4E
MOV	D.A	57
	D.B	50
	D.C	51
	D.D	52
	D.E	53
	D.H	54
	D.L	55
	D.M	56

Move (cont)

MOV	E.A	5F
	E.B	58
	E.C	59
	E.D	5A
	E.E	5B
	E.H	5C
	E.L	5D
	E.M	5E
MOV	H.A	67
	H.B	60
	H.C	61
	H.D	62
	H.E	63
	H.H	64
	H.L	65
	H.M	66
MOV	L.A	6F
	L.B	68
	L.C	69
	L.D	6A
	L.E	6B
	L.H	6C
	L.L	6D
	L.M	6E
MOV	M.A	77
	M.B	70
	M.C	71
	M.D	72
	M.E	73
	M.H	74
	M.L	75
XCHG		EB

Move immediate

MVI	A. byte	3E
	B. byte	06
	C. byte	0E
	D. byte	16
	E. byte	1E
	H. byte	26
	L. byte	2E
	M. byte	36

Load immediate

LXI	B. dble	01
	D. dble	11
	H. dble	21
	SP. dble	31

Load/Store

LDAX B	0A
LDAX D	1A
LHLD adr	2A
LDA adr	3A
STAX B	02
STAX D	12
SHLD adr	22
STA adr	32

byte = constant, or logical/arithmetic expression that evaluates to an 8-bit data quantity. (Second byte of 2-byte instructions)

dble = constant, or logical/arithmetic expression that evaluates to a 16-bit data quantity. (Second and Third bytes of 3-byte instructions)

adr = 16-bit address (Second and Third bytes of 3-byte instructions)

* = all flags (C, Z, S, P, AC) affected

** = all flags except CARRY affected; (exception: INX and DCX affect no flags)

† = only CARRY affected

ARITHMETIC AND LOGICAL GROUP

Add*

ADD	A	87
	B	80
	C	81
	D	82
	E	83
	H	84
	L	85
	M	86
ADC	A	8F
	B	88
	C	89
	D	8A
	E	8B
	H	8C
	L	8D
	M	8E

Subtract*

SUB	A	97
	B	90
	C	91
	D	92
	E	93
	H	94
	L	95
	M	96
SBB	A	9F
	B	98
	C	99
	D	9A
	E	9B
	H	9C
	L	9D
	M	9E

Double Add †

DAD	B	09
	D	19
	H	29
	SP	39

Increment**

INR	A	3C
	B	04
	C	0C
	D	14
	E	1C
	H	24
	L	2C
	M	34
INX	B	03
	D	13
	H	23
	SP	33

Decrement**

DCR	A	3D
	B	05
	C	0D
	D	15
	E	1D
	H	25
	L	2D
	M	35
DCX	B	0B
	D	1B
	H	2B
	SP	3B

Specials

DAA*	27
CMA	2F
STC†	37
CMC†	3F

Rotate †

RLC	07
RRC	0F
RAL	17
RAR	1F

Logical*

ANA	A	A7
	B	A0
	C	A1
	D	A2
	E	A3
	H	A4
	L	A5
	M	A6
XRA	A	AF
	B	A8
	C	A9
	D	AA
	E	AB
	H	AC
	L	AD
	M	AE
ORA	A	B7
	B	B0
	C	B1
	D	B2
	E	B3
	H	B4
	L	B5
	M	B6
CMP	A	BF
	B	B8
	C	B9
	D	BA
	E	BB
	H	BC
	L	BD
	M	BE

Arith & Logical Immediate

ADI byte	C6
ACI byte	CE
SUI byte	D6
SBI byte	DE
ANI byte	E6
XRI byte	EE
ORI byte	F6
CPI byte	FE

BRANCH CONTROL GROUP

Jump

JMP adr	C3
JNZ adr	C2
JZ adr	CA
JNC adr	D2
JC adr	DA
JPO adr	E2
JPE adr	EA
JP adr	F2
JM adr	FA
PCHL	E9

Call

CALL adr	CD
CNZ adr	C4
CZ adr	CC
CNC adr	D4
CC adr	DC
CPO adr	E4
CPE adr	EC
CP adr	F4
CM adr	FC

Return

RET	C9
RNZ	C0
RZ	C8
RNC	D0
RC	D8
RPO	E0
RPE	E8
RP	F0
RM	F8

Restart

RST	0	C7
	1	CF
	2	D7
	3	DF
	4	E7
	5	EF
	6	F7
	7	FF

I/O AND MACHINE CONTROL

Stack Ops

PUSH	B	C5
	D	D5
	H	E5
	PSW	F5
POP	B	C1
	D	D1
	H	E1
	PSW*	F1
XTHL		E3
SPHL		F9

Input/Output

OUT byte	D3
IN byte	DB

Control

DI	F3
EI	FB
NOP	00
HLT	76

New Instructions (8085 Only)

RIM	20
SIM	30

00	NOP		2B	DCX	H	56	MOV	D.M	81	ADD	C	AC	XRA	H	D7	RST	2
01	LXI	B.dble	2C	INR	L	57	MOV	D.A	82	ADD	D	AD	XRA	L	D8	RC	
02	STAX	B	2D	DCR	L	58	MOV	E.B	83	ADD	E	AE	XRA	M	D9	---	
03	INX	B	2E	MVI	L.byte	59	MOV	E.C	84	ADD	H	AF	XRA	A	DA	JC	adr
04	INR	B	2F	CMA		5A	MOV	E.D	85	ADD	L	B0	ORA	B	DB	IN	byte
05	DCR	B	30	SIM*		5B	MOV	E.E	86	ADD	M	B1	ORA	C	DC	CC	adr
06	MVI	B.byte	31	LXI	SP.dble	5C	MOV	E.H	87	ADD	A	B2	ORA	D	DD	---	
07	RLC		32	STA	adr	5D	MOV	E.L	88	ADC	B	B3	ORA	E	DE	SBI	byte
08	---		33	INX	SP	5E	MOV	E.M	89	ADC	C	B4	ORA	H	DF	RST	3
09	DAD	B	34	INR	M	5F	MOV	E.A	8A	ADC	D	B5	ORA	L	E0	RPO	
0A	LDAX	B	35	DCR	M	60	MOV	H.B	8B	ADC	E	B6	ORA	M	E1	POP	H
0B	DCX	B	36	MVI	M.byte	61	MOV	H.C	8C	ADC	H	B7	ORA	A	E2	JPO	adr
0C	INR	C	37	STC		62	MOV	H.D	8D	ADC	L	B8	CMP	B	E3	XTHL	
0D	DCR	C	38	---		63	MOV	H.E	8E	ADC	M	B9	CMP	C	E4	CPO	adr
0E	MVI	C.byte	39	DAD	SP	64	MOV	H.H	8F	ADC	A	BA	CMP	D	E5	PUSH	H
0F	RRC		3A	LDA	adr	65	MOV	H.L	90	SUB	B	BB	CMP	E	E6	ANI	byte
10	---		3B	DCX	SP	66	MOV	H.M	91	SUB	C	BC	CMP	H	E7	RST	4
11	LXI	D.dble	3C	INR	A	67	MOV	H.A	92	SUB	D	BD	CMP	L	E8	RPE	
12	STAX	D	3D	DCR	A	68	MOV	L.B	93	SUB	E	BE	CMP	M	E9	PCHL	
13	INX	D	3E	MVI	A.byte	69	MOV	L.C	94	SUB	H	BF	CMP	A	EA	JPE	adr
14	INR	D	3F	CMC		6A	MOV	L.D	95	SUB	L	C0	RNZ		EB	XCHG	
15	DCR	D	40	MOV	B.B	6B	MOV	L.E	96	SUB	M	C1	POP	B	EC	CPE	adr
16	MVI	D.byte	41	MOV	B.C	6C	MOV	L.H	97	SUB	A	C2	JNZ	adr	ED	---	
17	RAL		42	MOV	B.D	6D	MOV	L.L	98	SBB	B	C3	JMP	adr	EE	XRI	byte
18	---		43	MOV	B.E	6E	MOV	L.M	99	SBB	C	C4	CNZ	adr	EF	RST	5
19	DAD	D	44	MOV	B.H	6F	MOV	L.A	9A	SBB	D	C5	PUSH	B	F0	RP	
1A	LDAX	D	45	MOV	B.L	70	MOV	M.B	9B	SBB	E	C6	ADI	byte	F1	POP	PSW
1B	DCX	D	46	MOV	B.M	71	MOV	M.C	9C	SBB	H	C7	RST	0	F2	JP	adr
1C	INR	E	47	MOV	B.A	72	MOV	M.D	9D	SBB	L	C8	RZ		F3	DI	
1D	DCR	E	48	MOV	C.B	73	MOV	M.E	9E	SBB	M	C9	RET		F4	CP	adr
1E	MVI	E.byte	49	MOV	C.C	74	MOV	M.H	9F	SBB	A	CA	JZ		F5	PUSH	PSW
1F	RAR		4A	MOV	C.D	75	MOV	M.L	A0	ANA	B	CB	---		F6	ORI	byte
20	RIM*		4B	MOV	C.E	76	HLT		A1	ANA	C	CC	CZ	adr	F7	RST	6
21	LXI	H.dble	4C	MOV	C.H	77	MOV	M.A	A2	ANA	D	CD	CALL	adr	F8	RM	
22	SHLD	adr	4D	MOV	C.L	78	MOV	A.B	A3	ANA	E	CE	ACI	byte	F9	SPHL	
23	INX	H	4E	MOV	C.M	79	MOV	A.C	A4	ANA	H	CF	RST	1	FA	JM	adr
24	INR	H	4F	MOV	C.A	7A	MOV	A.D	A5	ANA	L	D0	RNC		FB	EI	
25	DCR	H	50	MOV	D.B	7B	MOV	A.E	A6	ANA	M	D1	POP	D	FC	CM	adr
26	MVI	H.byte	51	MOV	D.C	7C	MOV	A.H	A7	ANA	A	D2	JNC	adr	FD	---	
27	DAA		52	MOV	D.D	7D	MOV	A.L	A8	XRA	B	D3	OUT	byte	FE	CPI	byte
28	---		53	MOV	D.E	7E	MOV	A.M	A9	XRA	C	D4	CNC	adr	FF	RST	7
29	DAD	H	54	MOV	D.H	7F	MOV	A.A	AA	XRA	D	D5	PUSH	D			
2A	LHLD	adr	55	MOV	D.L	80	ADD	B	AB	XRA	E	D6	SUI	byte			

*8085 Only

UNIDADES PRINCIPALES CON SUS MULTIPLOS Y SUBMULTIPLOS

Ohmio (Resistencia Eléctrica)
Megaohmio = 1.000.000 ohmios
Kilohmio = 1.000 ohmios

Culombio (Cantidad de electricidad)
Miliculombio = 0,001 C
Microculombio = 0,000001 C

Segundo (Tiempo)
Milisegundo = 0,001 seg.
Microsegundo = 0,000001 seg.

Voltio (Diferencia de Potencial)
Kilovoltio = 1.000 voltios
Milivoltio = 0,001 voltios

Vatio (Potencia)
Kilovatio = 1.000 vatios
Milivatio = 0,001 vatios

Amperio (Corriente Eléctrica)
Miliamperio = 0,001 A
Microamperio = 0,000001 A

m^2 (Superficie)
$cm^2 = 0,0001\ m^2$
$mm^2 = 0,000001\ m^2$

Henrio (Inductancia)
Milihenrio = 0,001 H
Microhenrio = 0,000001 H

Hercio (Frecuencia) Hz
Kilohercio = 1.000 Hz
Megahercio = 1.000.000 Hz

Faradio (Capacidad)
Microfaradio = 0,000001 F
Picofaradio = 0,000000000001 F
Nanofaradio (K) = 1.000 pF

Constantes utilizadas

Carga eléctrica del electrón = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Número de electrones de un Culombio = $6,25 \cdot 10^{18}$ e^-

Resistividad del cobre = $0,018$ ohm $\cdot$ mm^2/m

ELECTRONICA FUNDAMENTAL

Esta obra, en 7 tomos, constituye un Curso Básico de Electrónica, tanto en el aspecto teórico como en el práctico, con el que se adquiere un conocimiento completo de lo que es la electrónica, desde las válvulas de vacío hasta los circuitos integrados e, incluso, los microprocesadores.

El curso completo consta de siete tomos y el temario teórico y práctico que contiene cada uno es el siguiente:

Tomo 1.– *Teoría:* Introducción a la Electrónica. Electricidad.
Práctica: Soldadura y montajes eléctricos. El aparato de medida. Componentes eléctricos y electrónicos.

Tomo 2.– *Teoría:* Fuentes de alimentación. Rectificadores y filtros.
Práctica: Características de las válvulas y diodos semiconductores. Montaje de fuentes de alimentación.

Tomo 3.– *Teoría:* Amplificadores.
Práctica: Sonido, altavoces y micrófonos. Características de las válvulas amplificadoras. Amplificadores de baja y alta frecuencia.

Tomo 4.– *Teoría:* Generadores de señales. Osciladores. Receptor superheterodino de A.M.
Práctica: Montajes, ajuste y averías de un receptor de radio.

Tomo 5.– *Teoría:* Diodos, transistores y semiconductores especiales.
Práctica: Experimentación y montajes sobre circuitos con transistores semiconductores especiales.

Tomo 6.– *Teoría:* Circuitos integrados digitales y analógicos. El microprocesador. Hardware y software del microprocesador 8085.
Práctica: Montajes y experimentación con circuitos integrados analógicos y digitales. Programación del microprocesador 8085.

El presente volumen, el **Tomo 7**, ofrece una amplia gama de problemas, algunos resueltos detalladamente y otros con sus correspondientes soluciones, sobre todos los temas que abarca la Electrónica Moderna, comenzando por los más sencillos dedicados a la Electricidad y terminando por los que se dirigen hacia la programación del microprocesador y al desarrollo de sistemas industriales basados en este circuito integrado, que está revolucionando las técnicas de diseño, al incorporar el software.

ISBN 84-283-1364-4

9 788428 313643



Magallanes, 25 - 28015 Madrid